



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS DIADEMA



STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS

ASPECTOS DAS CONTRIBUIÇÕES DE NIELS BOHR PARA A
HISTÓRIA DA ESPECTROSCOPIA: UMA ABORDAGEM PARA
A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

DIADEMA

2019

STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS

ASPECTOS DAS CONTRIBUIÇÕES DE NIELS BOHR PARA A
HISTÓRIA DA ESPECTROSCOPIA: UMA ABORDAGEM PARA
A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Dissertação apresentada, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu do Instituto de Ciências Ambientais, Químicas e Farmacêuticas da Universidade Federal de São Paulo – Campus Diadema.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Thaís Cyrino de Mello Forato.

DIADEMA

2019

Vasconcelos, Stephanie Siqueira

Aspectos das contribuições de Niels Bohr para a história da espectroscopia: uma abordagem para a formação inicial de professores / Stephanie Siqueira Vasconcelos. – – Diadema, 2019.

269 f.

Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, 2019.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Thaís Cyrino de Mello Forato

1. Formação inicial de professores. 2. História da ciência. 3. Prática científica. 4. História da espectroscopia. 5. Niels Bohr. I. Título.

CDD 535.84

Dedico esta dissertação à minha família e ao meu namorado, por todo o apoio e incentivo na minha vida pessoal e acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, antes de tudo, a minha família, em especial aos meus pais, Irene Siqueira Gomes e Ulisses de Vasconcelos, por poder contar com eles sempre que preciso, por todo o apoio e incentivo na minha vida profissional e acadêmica.

Ao meu amor Fabio Seiji Ossanai, agradeço o apoio incondicional sempre. Obrigada pelo seu amor, carinho, amizade, compreensão e paciência. Obrigada por sempre estar ao meu lado em todos os momentos.

A minha segunda família, por todo apoio e incentivo ao longo desses três anos. Em especial a Akemi, Hiromi, Kazumi, Takeo e Hioshio por toda ajuda e carinho.

Um agradecimento enorme a minha orientadora, Profa. Dra. Thaís Cyrino de Mello Forato, que me acolheu como aluna quando mais precisei. Agradeço pelo apoio constante, pela paciência e parceria e pelo comprometimento ao longo de todo o trabalho.

Agradeço à banca, Prof. Dr. Carlos Roberto Senise Júnior, Prof. Dr. Ivã Gurgel e Prof. Dr. Winston Gomes Schimiedecke, a leitura atenta e minuciosa, as sugestões e críticas que me ajudaram a melhorar o meu trabalho.

Aos membros do grupo HSSE, pelo acolhimento desde os primeiros encontros e pelas amizades formadas. Durante este mestrado me ajudaram com a escrita deste trabalho, apresentando sugestões e leituras que contribuíram para o amadurecimento deste trabalho.

Aos meus professores com quais tive o prazer de conviver. Sem dúvida contribuíram de alguma forma para a minha formação. Em especial à professora Simone pela ajuda no aprimoramento da proposta didática.

Aos meus colegas de trabalho, pelo incentivo na reta final desta dissertação.

Aos meus amigos, Carol, Tatiana, Estela, Andreia Francisco, Matheus, Fernando e Deyid, por todo o apoio nesses anos de convivência. Em especial as minhas amigas Carol e Tatiana por toda a ajuda e amizade.

RESUMO

Um dos desafios de se empregar a história das ciências (HC) no ensino está relacionado à carência de ações mais efetivas na formação dos professores. É preciso fornecer subsídios para que estes futuros professores estabeleçam articulações entre a HC e o ensino. Desse modo, foi elaborada, implementada e analisada uma proposta didática com abordagem histórica das ciências, voltada para professores em formação (física e química), na Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) – *campus* Diadema. Partindo de estudos teóricos em historiografia da história das ciências e de referenciais teóricos do ensino de ciências e da formação de professores, foi elaborada uma narrativa sobre um recorte histórico, apresentando um enfoque alternativo às narrativas presentes em materiais didáticos, especialmente no contexto da formação inicial de professores, que usualmente reforçam uma visão de uma história linear, elitista, neutra e produtora de provas irrefutáveis, experimentos cruciais e descobertas acidentais. Partindo deste pressuposto, foram enfatizados modelos atômicos pouco conhecidos, aspectos pessoais de cientistas e alguns elementos do desenvolvimento da espectroscopia na elaboração de alguns modelos atômicos do começo do século XX, particularmente analisando elementos das contribuições de Niels Bohr (1885 – 1962). Buscou-se favorecer a contextualização histórica de conceitos de física quântica e química moderna e de modo a permitir também reflexões sobre a prática científica. Os pressupostos teóricos e metodológicos utilizados na delimitação do episódio histórico e na didatização desse conteúdo consideraram elementos para a transposição didática da história e da filosofia das ciências para o ensino de ciências. A elaboração da proposta didática pretendeu promover atividades didáticas que permitam ao futuro professor conhecer, avaliar e utilizar materiais historiográficos, de modo a promover o aprendizado de conceitos científicos e sobre a prática científica. A proposta foi aplicada durante três semanas em dois turnos (vespertino e noturno), nas unidades curriculares de Práticas Pedagógicas de Física II e de Química II. O planejamento, coleta e análise dos dados foram fundamentados por uma metodologia qualitativa de pesquisa do tipo estudo de caso. Visando a triangulação, foram utilizadas cinco fontes de dados: nas transcrições dos eventos críticos das videografações; respostas escritas pelos discentes a um questionário; planos de ensino elaborados por eles; correção de propostas didáticas entre pares às cegas, utilizando um roteiro e as notas de campo produzidas pela pesquisadora. Esses dados foram analisados de acordo com a técnica de Análise de Conteúdo de Bardin. Os resultados obtidos mostram elementos formativos promovidos pela proposta didática, tanto em relação a aspectos epistêmicos e não epistêmicos, mas também limitações de se trabalhar o tema tão complexo e dinâmico em poucas aulas. As categorias de mensagens comunicadas pelos licenciandos destacam benefícios para sua formação, por exemplo, em se avaliar um documentário com perspectiva historiográfica ingênua; o aprendizado de conteúdos científicos e a compreensão de aspectos sobre a prática científica utilizando o texto histórico; os benefícios da avaliação entre pares para promover sua metareflexão, assim como desafios para a construção de planos de ensino; de se trabalhar com uma abordagem histórica, e até mesmo obstáculos em relação aos usos da HC. Perante esses resultados observamos que é possível promover situações de ensino que fomentem a reflexão crítica e a vivência de desafios acerca do uso didático da HC, que poderão oferecer subsídios para aqueles professores que optarem pelo uso da abordagem histórica em sua prática. A explicitação metodológica de toda a construção e implementação da proposta traz uma possibilidade de desenvolvimento de elementos formativos sobre a inserção da HC na formação inicial de professores de ciências.

Palavras-chaves: Formação inicial de professores. História da ciência. Prática científica. História da espectroscopia. Niels Bohr.

ABSTRACT

One of the challenges of using the history of sciences (HC) in teaching is related to the lack of more effective actions in teacher training. It is necessary to provide subsidies for these future teachers to establish articulations between HOS and teaching. Thus, a didactic proposal was elaborated, implemented, and analyzed with a historical approach of the sciences, aimed at teachers under training (physics and chemistry), at the Federal University of São Paulo (Unifesp) - Diadema *campus*. Starting from theoretical studies in historiography of the history of sciences and from theoretical references of science education and teacher education, a narrative was elaborated on a historical approach, presenting an alternative focus to the narratives present in didactic materials, especially in the context of initial teacher training, which usually reinforces a view of a linear, elitist, neutral history that produces irrefutable evidence, crucial experiments, and accidental discoveries. Based on this assumption, little-known atomic models, personal aspects of scientists, and some elements of the development of spectroscopy were emphasized in the elaboration of some atomic models of the early twentieth century, particularly by analyzing elements of Niels Bohr's contributions (1885 - 1962). The aim was to favor the historical contextualization of concepts of quantum physics and modern chemistry and also to allow reflections on scientific practice. The theoretical and methodological assumptions used to delimitate the historical episode and in the didatization of this content considered elements for the didactic transposition of the history and philosophy of the sciences to science teaching. The elaboration of the didactic proposal intended to promote didactic activities that allow the future teacher to know, evaluate, and use historiographic materials to promote the learning of scientific concepts and about the scientific practice. The proposal was applied for three weeks in two shifts (afternoon and evening), in the curricular units of Pedagogical Practices of Physics II and Chemistry II. Data planning, collection, and analysis were based on a qualitative case study research methodology. Aiming at triangulation, five data sources were used: in the transcripts of the critical events of the video recordings; written responses by students to a questionnaire; education plans drawn up by them; blind peer correction of the teaching proposals, using a script and the field notes produced by the researcher. These data were analyzed according to Bardin's Content Analysis technique. The results obtained show formative elements promoted by the didactic proposal, both concerning epistemic and non-epistemic aspects, but also limitations of working with such a complex and dynamic theme in a few classes. The categories of messages communicated by undergraduate students highlight benefits for their training, for example, in evaluating a documentary with a naive historiographic perspective; learning scientific content and understanding aspects of scientific practice using the historical text; the benefits of peer assessment to promote their metareflection, as well as challenges to create education plans; working with a historical approach, and even obstacles to the uses of HOS. Given these results, we observed that it is possible to promote teaching situations that foster critical reflection and the experience of challenges about the didactic use of HOS, which may offer subsidies for those teachers who choose to use the historical approach in their practice. The methodological clarification of the whole construction and implementation of the proposal brings a possibility of developing formative elements about the insertion of HOS in the initial training of science teachers.

Keywords: Initial teacher training. History of science. Scientific practice. History of spectroscopy. Niels Bohr.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 – Inserção da HC no curso de Graduação em Ciências Licenciatura da Unifesp – Diadema.....	21
Quadro 2 - Obstáculos superáveis e contornáveis identificados na análise empírica.	31
Quadro 3 - Algumas universidades públicas que contemplam disciplinas relacionadas à História e Filosofia da Ciência no currículo de licenciatura em física - período noturno.....	32
Gráfico 1 - Distribuição anual dos artigos encontrados de ou sobre Niels Bohr em periódicos analisados.....	42
Figura 1 - Representação do modelo de átomo saturniano de Nagaoka.....	59
Figura 2 - Espectroscópio utilizado pelo químico alemão Robert Bunsen (1811-1899).....	63
Figura 3 – Espectro de emissão do Hidrogênio (visível).....	64
Figura 4 - Espectros de emissão de alguns elementos químicos.	65
Quadro 4 - Objetivos da abordagem histórica.	89
Quadro 5 - Definição do recorte e enfoque para o episódio histórico.	91
Quadro 6 - Problematizando estereótipos, mitos e preconceitos.	93
Quadro 7 - Pensando na construção de textos para os licenciandos.....	95
Quadro 8 - Escolha das estratégias e recursos didáticos.	97
Quadro 9 - Conteúdo programático - Práticas Pedagógicas de Física II.	110
Quadro 10 - Conteúdo programático - Práticas Pedagógicas de Química II.....	111
Quadro 11 - Cronograma de atividades da proposta didática.....	121
Quadro 12 - Organização da primeira aula (03/05/2018).....	122
Quadro 13 - Organização da segunda aula (10/05/2018).	124
Quadro 14 - Organização da terceira aula (17/05/2018).	127
Quadro 15 - AC: síntese dos dados coletados durante as 3 semanas.	130
Quadro 16 - AC: Transcrição das videogravações - 1º aula (03/05/2018).....	133
Quadro 17 - AC: Transcrição das notas de campo - 1º aula (03/05/2018).....	139
Quadro 18 - AC: Respostas dos questionários sobre o documentário - 1º aula (03/05/2018).	140
Quadro 19 - AC: Transcrição das videogravações - 2º aula (10/05/2018).....	144
Quadro 20 - AC: Transcrição das notas de campo - 2º aula (10/05/2018).....	149
Figura 5 - Quadro de avaliadores dos planos de ensino.	151
Quadro 21 - AC: Transcrição das notas de campo - 3º aula (17/05/2018).....	151

Quadro 22 - AC: Respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica - 3º aula (17/05/2018).....	154
Quadro 23 - AC: Planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica - 3º aula (17/05/2019).	157
Figura 6 - AC: Categoria - História das ciências: transcrição das videogravações.....	159
Figura 7 - AC: Categoria - NDC ou prática científica: transcrição das videogravações.	160
Figura 8 - AC: Categoria - Aspectos formativos: transcrição das videogravações.	160
Figura 9 - AC: Categoria - Construção de propostas didáticas: transcrição das videogravações	161
Figura 10 - AC: Categoria - Percepções sobre o episódio histórico: transcrição das videogravações.	161
Figura 11 - AC: Categoria - História das ciências: transcrição das notas de campo.....	163
Figura 12 - AC: Categoria - NDC ou prática científica: transcrição das notas de campo.	163
Figura 13 - AC: Categoria - Aspectos formativos: transcrição das notas de campo.....	163
Figura 14 - AC: Categoria - Construção de propostas didáticas: transcrição das notas de campo.....	164
Figura 15 - AC: Categoria - Percepções sobre o episódio histórico: transcrição das notas de campo.....	164
Figura 16 - AC: Categoria - História das ciências: respostas aos questionários sobre o documentário.	165
Figura 17 - AC: Categoria - Caminhos na construção de propostas didáticas: respostas dos questionários sobre o documentário.	165
Figura 18 - AC: Categoria - NDC ou prática científica: respostas aos questionários sobre o documentário.	166
Figura 19 - AC: Categoria – Aspectos formativos: respostas aos questionários sobre o documentário.	166
Figura 20 - AC: Categoria - NDC ou prática científica: respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.	167
Figura 21 - AC: Categoria - Construção de propostas didáticas: respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.	167
Figura 22 - AC: Categoria - História das ciências: planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.	168

Figura 23 - AC: Categoria: NDC ou prática científica: planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.	168
Figura 24 - AC: Categoria - Percepções sobre o episódio histórico: planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.	168
Figura 25 - AC: Categoria - Construção de propostas didáticas: planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.	169
Quadro 24 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: história das ciências.	171
Quadro 25 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: NDC ou prática científica.	172
Quadro 26 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: aspectos formativos.	173
Quadro 27 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: construção de propostas de didáticas.	173
Quadro 28 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: percepções sobre o episódio histórico.	173
Quadro 29 - Triangulação da 3º aula: categoria: NDC ou prática científica.	175
Quadro 30 - Triangulação da 3º aula: percepções sobre o episódio histórico.	175
Quadro 31 - Triangulação da 3º aula: construção de propostas didáticas.	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Periódicos investigados, organizados de acordo com a classificação Qualis da CAPES com respectivos períodos analisados, quantidade total de periódicos, e total de artigos encontrados sobre Niels Bohr.....	41
Tabela 2 - Periódicos investigados, mostrando a porcentagem de artigos encontrados sobre os trabalhos de Niels Bohr, de acordo com o período analisado e o número total de artigos do periódico.....	42
Tabela 3 - Distribuição dos artigos analisados de acordo com os sete grupos temáticos.....	45
Tabela 4 - Distribuição dos artigos com relação a HC no ensino nos sete grupos temáticos...	45
Tabela 5 - Participantes por área de estudo nessas aulas compartilhadas.	112
Tabela 6 - Número de participantes por encontro nessas aulas compartilhadas.	112

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – Análise de Conteúdo

CAAE – Certificado de Apresentação para Apreciação Ética

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

CEP – Comitê de Ética em Pesquisa

CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade

DCNEM – Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

EM – Ensino Médio

Enem – Exame Nacional do Ensino Médio

FMC – Física Moderna e Contemporânea

GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino da Física

HC – História das ciências.

HFC – História e filosofia das ciências

HFS – História, Filosofia e Sociologia da Ciência

HSSE - *History of Science on the Science Education*

NDC – Natureza das ciências

PAD – Programa de Aperfeiçoamento Didático

PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais.

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais.

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PECMA – Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

PPF II – Práticas Pedagógicas de Física II

PPQ II – Práticas Pedagógicas de Química II

Reuni – Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UC – Unidades de Registro

Unifesp – Universidade Federal de São Paulo

UR – Unidades de Contexto

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. QUADRO TEÓRICO.....	27
2.1. A história das ciências no ensino de física	27
2.2. A história das ciências na formação de professores	31
2.3. A história das ciências no ensino da espectroscopia	36
2.4. Presença de pesquisas sobre Niels Bohr em alguns periódicos da área de ensino de Ciências e afins.....	39
2.4.1. Metodologia da revisão bibliográfica	40
2.4.2. Resultados e discussões sobre a revisão bibliográfica.....	41
2.4.3. Síntese dos artigos organizados de acordo com as categorias de classificação.....	46
2.4.4. Algumas considerações	54
3. O EPISÓDIO HISTÓRICO	55
3.1. Introdução.....	55
3.2. Modelos atômicos.....	57
3.3. Contribuições da espectroscopia para um novo olhar para o átomo	63
3.4. Contexto dos estudos de Niels Bohr.....	67
3.5. Bohr, a espectroscopia e um modelo para o átomo	69
3.6. A Recepção da comunidade científica ao modelo de Bohr	79
3.7. Limitações do modelo proposto por Bohr	81
3.8. Algumas considerações	83
4. APORTE TEÓRICO METODOLÓGICO	85
4.1. O Estudo histórico: o uso do episódio	86
4.1.1. Delimitação do episódio histórico	88
4.2. O desenvolvimento da proposta pedagógica	100
4.3. Coleta de dados.....	103
4.4. Forma de análise dos dados	105

5. A PROPOSTA DIDÁTICA	108
5.1. O contexto em que a proposta foi implementada	108
5.2. Aspectos éticos da pesquisa.....	114
5.3. A proposta didática.....	114
5.3.1. Plano de ensino da proposta	116
5.3.2. Cronograma de atividades	120
5.3.3. Pré-aula 01	121
5.3.4. Primeira aula – 03/05/2018.....	122
5.3.5. Pré-aula 02.....	124
5.3.6. Segunda aula – 10/05/2018.....	124
5.3.7. Pré-aula 03.....	126
5.3.8. Terceira aula – 17/05/2018.....	127
6. OS DADOS E OS RESULTADOS DO CURSO.....	129
6.1. A pré-análise.....	130
6.2. A exploração do material.....	158
6.3. Delimitando as categorias das mensagens comunicadas pelos discentes.....	169
6.4. Tratamento dos resultados	171
6.5. O recorte e reflexão sobre os dados.....	176
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	198
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	205
APÊNDICES	221
APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	221
APÊNDICE B – Questionário sobre o documentário “O átomo: Choque de Titãs” (BBC Four, 2015).	223
APÊNDICE C – Tiras da atividade “Tem fundamento ou não?”	224
APÊNDICE D – Roteiro 1: Avaliando exemplos de inserção da HC no ensino.	231
APÊNDICE E – Roteiro 2: Preparação para a elaboração dos planos de ensino.	233

APÊNDICE F – Roteiro 3: Como introduzir os conteúdos de história das ciências na escola básica?	234
APÊNDICE G – Roteiro 4: Avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.....	235
APÊNDICE H – Exemplos de notas de campo	237
ANEXOS.....	240
ANEXO A – Proposta didática: PPF II e PPQ II (2017).	240
ANEXO B – Declaração de Conclusão de Proposta PAD.....	248
ANEXO C – Parecer do CEP	249
ANEXO D – Exemplos de transcrições dos eventos críticos das videogravações.....	253
ANEXO E – Exemplos de respostas do questionário sobre o documentário “O átomo: Choque de Titãs” (BBC Four, 2015)	259
ANEXO F – Exemplos de respostas dos roteiros 4 sobre a avaliação dos planos de ensino.....	262
ANEXO G – Exemplo de plano de ensino de um dos discentes	264

1. INTRODUÇÃO

O tema desta pesquisa volta-se para a inserção da história das ciências (HC) no ensino de ciências, mais especificamente, na formação de professores. O projeto foi desenvolvido tendo como objetivo de análise um contexto específico, a Graduação em Ciências, da Universidade Federal de São Paulo – *campus* Diadema, cujos detalhes serão explorados no capítulo 4. A proposta ocorre em um contexto em que uma aproximação entre o estudo da HC e sua utilização no ensino tem sido cada vez mais forte nos últimos anos (MOURA, B., 2012). Segundo Porto (2010), trabalhar a interface entre a HC e o ensino pode ser um instrumento de transformações curriculares e um espaço para reflexão e contextualização das ciências¹. Além disso, a HC pode ser um dos caminhos para uma melhoria do ensino de ciências, seja como conteúdo em si ou como uma estratégia de ensino, e isso traz implicações sobre a formação de professores (PEREIRA; MARTINS, A. 2011).

Conforme as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), a HC pode enriquecer o aprendizado, aproximando os aspectos científicos dos acontecimentos históricos e também possibilita uma visão da ciência como uma construção humana. Já com relação à filosofia das ciências, esta é importante para o professor, na “construção de sua concepção de ciência, como reflexos na hora de abordá-la em sala de aula” (BRASIL, 2006, p. 64). Em ressonância com os documentos oficiais, Breno Moura (2014) destaca que o objetivo de um grande número de educadores e formadores é que os estudantes e os docentes aprendam e ensinem não somente ciência, como também sobre a ciência. Indo nessa linha, Forato, Pietrocola e Martins (2011) enfatizam que é necessário entender a ciência como uma construção humana, e defendem a HC como uma estratégia pedagógica adequada para discutir características da natureza das ciências (NDC), principalmente problematizando visões ingênuas a respeito do conhecimento científico.

Além disso, é necessário construir um ensino onde os estudantes entendam que no conhecimento científico não há verdades inquestionáveis. Ou seja, a ciência foi e é construída

¹ Ao longo desta dissertação utilizaremos Ciência, no singular, quando nos referimos à Ciência de um modo geral, amplo, quando queremos indicar uma área de estudo voltada para as ciências da natureza, mais especificamente aqui, a Física, a Química, a Biologia, a Geologia e campos correlatos. Quando utilizamos ciências no plural, seja em natureza das ciências, ou história das ciências, ou ensino das ciências, temos o objetivo de explicitar a compreensão de uma pluralidade metodológica inerente à diversos campos disciplinares, com suas diferentes e complexas práticas materiais e cognitivas ao longo da história das ciências. Nesse caso, incluímos aí, além das ciências da natureza, as ciências humanas e sua pluralidade, como por exemplo, os próprios campos da história, filosofia, sociologia e ensino das ciências, contemplados com diversidade de olhares temporais, geográficos, políticos e culturais. Tal posicionamento inspira-se em Pestre (1996).

por pessoas que estão inseridas num contexto sociocultural específico (GUERRA; REIS; BRAGA, 2010).

Nessa linha, no contexto brasileiro, vários autores vêm defendendo a importância da introdução de conteúdos históricos e epistemológicos da ciência para a formação de professores, bem como vem desenvolvendo propostas para a sala de aula (PEDUZZI; BASSO, 2005; SILVA, 2006; MOREIRA; MASSONI; OSTERMANN, 2007; MORAIS; GUERRA, 2013; SILVA; MORAES, 2015; BORGES, 2016; CARDEIRA, 2016; MOURA, C.; GUERRA, 2016a; FORATO; MOURA, B., 2017, dentre outros). Conforme defendem Viana e Testoni (2017), é imprescindível que sejam oferecidas oportunidades para professores em formação – seja ela inicial ou continuada – para que esses futuros docentes possam refletir sobre a utilização da HC em contextos específicos.

Reflexões sobre o desenvolvimento da ciência, sobre a NDC² ou sobre a construção do conhecimento científico, vêm sendo consideradas fundamentais para a formação de estudantes de todas as áreas, o que requer uma fundamentação dos professores para abordar tais conhecimentos. Independente de vários enfoques que essas reflexões podem privilegiar (MOURA, B., 2014), o objetivo mais geral por trás dessas abordagens está em oferecer uma visão mais crítica sobre a ciência. Ao longo desta dissertação, apresentaremos diversos autores que vem pesquisando sobre essas possibilidades, e apontam benefícios e dificuldades em propor e implementar tais conteúdos na educação científica, juntamente com os conceitos e teorias científicos.

Quando se propõe a abordagem de conhecimentos sobre a ciência, sejam os da história, da filosofia ou da sociologia da ciência, não se defende que eles substituam os conteúdos específicos das ciências, ao contrário. Santos (1999) defende que os conteúdos **de, em e sobre** as ciências se agreguem para oferecer uma formação mais ampla, para todos os cidadãos. Isso significa que é fundamental compreender que a inserção da HC não substitui os conceitos científicos, ao contrário, ela pode ser utilizada como recurso para ensinar ciência e não apenas sobre a ciência.

Em vista disso, pensar sobre diferentes enfoques a respeito da ciência implica repensar o próprio ensino de ciências. Segundo Moura e Guerra (2016b, p. 728), “discussões em torno à problemática da prática científica podem levar a importantes considerações a respeito do

² O termo “natureza da ciência”, ou “natureza das ciências” como preferimos adotar, vem sendo utilizado há pelo menos mais de um século, e não se restringe ao significado que qualquer autor ou grupo em particular tenha atribuído a ele. Desse modo, considerando a diversidade de enfoques e interpretações que se observa na literatura do ensino de ciências, esclarecemos que esta expressão está sendo adotada, ao longo de toda esta dissertação, no sentido atribuído por Martins (1999).

ensino de ciências”. E, segundo esses autores, a problemática da prática científica pode ser interessante no debate de questões sobre a ciência, pois esta faz parte das características do conhecimento científico. Além de considerar as preocupações com a imagem de ciência perpetuada no ensino, esse enfoque proposto por eles traz uma perspectiva ampla de reflexões sobre a ciência, que nos parece incluir, mas não apenas, as chamadas abordagens sobre a NDC.

Ao inserir a perspectiva historiográfica no ensino, em todos os níveis educacionais, dentre os benefícios está se discutir sobre a ciência, sobre a prática científica ou sobre aspectos da NDC (MOURA, B., 2012; MARTORANO; MARCONDES, 2014; ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016; MOURA, C.; GUERRA, 2016b; JARDIM; GUERRA, 2017). Com relação às concepções sobre a NDC na educação em ciências, outro aspecto considerado, neste trabalho, foi um posicionamento acerca do debate sobre haver, ou não, uma concepção essencialista das ciências, sempre que se adota uma lista de aspectos epistêmicos tidos como consensuais por parte de alguns autores (BAGDONAS; ROZENTALSKI; POLATI, 2015).

Assim, importa esclarecermos que adotaremos para a construção da pesquisa e do texto aqui apresentado no capítulo 2, a perspectiva defendida por Forato, Bagdonas e Testoni (2017), ressoante com uma visão historiográfica atual, por exemplo, a sintetizada por Dominique Pestre apresentada em Romero (2016). Mediante uma perspectiva diacrônica da HC, cada contexto histórico é peculiar e exemplifica diferentes aspectos da NDC ou prática científica, intrínsecos a cada recorte avaliado e a cada enfoque adotado. Ademais, deve-se considerar que cada narrativa construída acerca de um mesmo episódio irá revelar um olhar específico sobre ele. O objeto de estudo é delimitado e analisado mediante a perspectiva de cada historiador ou historiadora das ciências, selecionado a partir da complexidade de elementos que compõe qualquer contexto da HC (MARTINS, 2010).

Segundo essa perspectiva, não seria possível admitir que qualquer relação pré-definida de aspectos da NDC possa representar toda a ciência. Cada episódio pode evidenciar alguns aspectos da NDC, contemplados (ou não) em diferentes listas. Historiadores que trabalham na perspectiva da historiografia contemporânea da HC (por ex. KRAGH, 1987; PESTRE, 1996; MARTINS, 2010; PORTO, 2010), a despeito de debates especializados, entendem que não há um único método científico válido para todas as ciências, em todas as épocas, locais e culturas. Admitem a pluralidade epistêmica, material e cognitiva das ciências, exemplificada no estudo de diferentes episódios históricos (FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017).

Portanto, não se adota aqui uma visão essencialista das ciências, mas busca-se refletir sobre aspectos da NDC ou da prática científica que um episódio específico pode exemplificar, e que ficam explícitos a partir do recorte adotado para seu estudo e narrativa. No caso desta pesquisa, o episódio histórico selecionado volta-se aos estudos de Niels Bohr sobre a relação entre a espectroscopia e seu modelo atômico.

Apesar de todos os benefícios mencionados, construir abordagens históricas desse ou de qualquer outro episódio histórico para o ensino envolve lidar com desafios, obstáculos e riscos (FORATO; MARTINS, R.; PIETROCOLA, 2012b). Pensar na formação de professores para inserir essas abordagens em suas aulas traz ainda mais outros desafios. Pesquisas têm mostrado que não basta inserir disciplinas de história ou filosofia da ciência na formação de professores, pois eles enfrentarão outros problemas e barreiras (MARTINS, A, 2007; MOURA, B., 2012; SCHMIEDECKE, 2016).

Segundo Duarte (2004), por exemplo, para que os futuros professores de ciências possam incluir a historiografia das ciências em suas aulas, de forma adequada e sem distorções sobre o fazer científico, é necessário que estes tenham tido contato com elementos da HC durante a sua formação inicial, por meio de aulas, projetos pedagógicos ou até mesmo cursos de extensão. De acordo com essa autora, a utilização da HC na sala de aula requer que os professores possuam uma formação que lhes permita fazer uma seleção de material histórico adequado ou até mesmo na elaboração dos materiais específicos para cada situação de ensino e aprendizagem. Sobre a seleção de material histórico, Forato (2013) apresenta uma pesquisa que analisou uma proposta didática para preparar os futuros professores de ciências, para identificar concepções ingênuas sobre a HC e a NDC em materiais didáticos, nesse mesmo ambiente educacional da Unifesp, o curso de Graduação em Ciências, para o qual a presente pesquisa foi direcionada. Os resultados voltam-se para elementos utilizados na preparação de professores, para identificar a pseudo-história em materiais didáticos, e reforçam a proposta de Duarte (2004), sobre a necessidade de se investir nesse objetivo específico para a formação de professores.

Schmiedecke (2016) ainda apresenta outros desafios apontados pelos professores em formação e recém-formados, e destaca que a HC deve ser complementada por outras abordagens sobre um mesmo conteúdo científico, para que promova um aprendizado mais significativo no aluno. A pesquisa empreendida por este autor indica que nem todos os professores que vivenciaram abordagens históricas em sua formação, se sentem preparados ou motivados a utilizar a HC em suas aulas.

Forato (2019) mostrou que um grupo de discentes deste mesmo curso de Graduação em Ciências, para o qual se volta a presente pesquisa, considerou o uso da HC na Escola Básica muito complexo e relatou insegurança para realizar tal implementação. Entretanto, esse mesmo grupo, ao descrever suas dificuldades, explicitavam requisitos adequados para identificar a pseudo-história, critérios críticos para a seleção de material adequado e sugeriam como utilizar filmes históricos comerciais para discutir visões ingênuas sobre as ciências. Na mesma turma, um outro grupo relatou exemplos de dificuldades que um professor pode vivenciar no uso da HC em sua prática profissional, mas sugerindo maneiras para se lidar com tais desafios.

André Martins (2007) apresentou uma relação de dificuldades que professores em serviço apontaram sobre os usos da HC, mesmo que considerassem as vantagens em se adotar abordagens históricas no ensino de física. Dentre as dificuldades, há aquelas incontornáveis, intrínsecas ao contexto mais amplo, por exemplo, a cobrança de pais de alunos e direção das escolas sobre conteúdos para o vestibular. Mas, há também aquelas dificuldades que podem ser minimizadas por elementos possíveis de serem inseridos em sua formação, por exemplo, saber localizar materiais históricos em perspectiva historiográfica atual e desenvolver possibilidades de orientações metodológicas, para o uso desse material.

Tendo em vista esse cenário brevemente apresentado nesta introdução e considerando que pode haver uma opção do professor por utilizar a HC, esta pesquisa de mestrado foi desenvolvida visando contribuir para a inserção da HC na formação de professores. A pesquisa para esta dissertação foi proposta como um desdobramento de um projeto Universal³, proposto a partir de estudos realizados desde 2011 pela orientadora dessa dissertação, acerca de elementos que vêm sendo introduzidos na formação inicial de professores, nesse curso de Graduação em Ciências (FORATO, 2019). A proposta do projeto de pesquisa universal perpassou a análise em sete⁴ diferentes disciplinas do curso, cada uma contemplando aspectos específicos da formação de professores, ao longo de alguns anos. Para esclarecer a natureza deste desdobramento, gerando a presente dissertação de mestrado, é necessário sintetizar os pilares adotados pelo projeto universal e o recorte estabelecido para delimitar pela presente pesquisa.

O projeto universal considerou algumas hipóteses, elencando cinco pilares como base para a proposta formativa, sintetizados abaixo (FORATO, 2019):

³ Projeto Universal MCTI/CNPQ 454165/2014-5, vigência: 25/11/2014 - 30/11/2017.

⁴ O módulo de HC no ensino é ministrado em conjunto para as turmas de física e química, utilizando a mesma proposta didática. Por isso não acrescentamos a PPQ II como mais uma disciplina.

- 1) Realizar uma inserção longitudinal da HC e da NDC, ao longo da formação inicial dos professores, promovendo o contato dos licenciandos com abordagens históricas, em diferentes disciplinas do curso, buscando mobilizar diferentes objetivos formativos;
- 2) Promover a vivência do futuro professor com o uso da HC para o ensino e aprendizagem de conceitos científicos, teorias e modelos das ciências. A partir de exemplos históricos o futuro professor pode compreender a pluralidade epistêmica, material e cognitiva das ciências (FORATO; BAGDONAS; TESTONI, 2017);
- 3) Preparar o professor para identificar e lidar com a pseudo-história e com as visões que reforçam os mitos do cientificismo no ambiente escolar e cultural (ALLCHIN, 2004; FORATO, 2013);
- 4) Promover atividades didáticas que permitam ao professor conhecer, avaliar e utilizar materiais historiográficos em perspectiva diacrônica e crítica, vivenciando a prospecção de materiais e fontes históricas para construir planos de ensino, que podem ser adaptados e utilizados em sua futura prática profissional.
- 5) Promover a vivência da pluralidade de metodologias, de recursos didáticos e de abordagens educacionais, em ressonância com o uso da HC, avaliando a consistência teórica entre elas e as visões de ciências que fomentam.

O quadro 1 mostra uma síntese das disciplinas em que abordagens da HC foram introduzidas. Destaca-se os anos de implementação de propostas, nos períodos vespertino e noturno, o semestre e os pilares trabalhados.

Quadro 1 – Inserção da HC no curso de Graduação em Ciências Licenciatura da Unifesp – Diadema.

Disciplinas (Unidades Curriculares)	Ano de Implementação dessa proposta	Semestre	Pilares
Física III	2011 e 2012	3º	1, 2
Integração das Ciências III	2012	3º	1, 2
Física IV	2011 e 2017	4º	1, 2
Práticas Pedagógicas de Ciências	2012 até 2019	5º	1, 3, 4
Práticas Pedagógicas de Física I	2012 até 2018	6º	1, 2, 4, 5
Práticas Pedagógicas de Física II	2013 até 2019	7º	1, 2, 3, 4, 5
Práticas Pedagógicas de Química II	2015 a 2019	7º	
Práticas Pedagógicas de Ciências à Distância	2013	8º	1, 3, 5

Fonte: Adaptado de FORATO, 2019.

Como podemos observar no Quadro 1, esses pilares foram mobilizados em diferentes disciplinas do curso, diferentes propostas didáticas vêm sendo implementadas e avaliadas, sendo que o período compreendido entre 2015 e 2017 foi objeto do projeto universal.

Esta pesquisa de mestrado, por sua vez, focalizou a disciplina de Práticas Pedagógicas de Física II e de Química II, em 2018, nos períodos vespertino e noturno. A proposta didática utilizou e adaptou elementos que haviam sido implementados em cinco edições anteriores, buscando atender aos objetivos dos pilares 4 e 5, considerando que os licenciandos já teriam vivenciado formações para abordagens históricas em disciplinas anteriores. Alguns recursos e estratégias didáticas foram mantidos e outros foram desenvolvidos pela autora desta dissertação, conforme será detalhado no capítulo 4.

A partir de todas essas considerações, esta pesquisa teve a perspectiva de inserir uma abordagem histórica das ciências, utilizando uma proposta pedagógica voltada para professores em formação, na Unifesp – *campus* Diadema, do curso de Graduação em Ciências – Licenciatura. Tal proposta foi desenvolvida com o objetivo de abordar elementos do desenvolvimento histórico das pesquisas sobre a espectroscopia moderna, particularmente analisando aspectos das contribuições de Niels Bohr (1885 – 1962).

A escolha desse período histórico foi motivada por diferentes fatores. Além dos benefícios advindos da HC para propor reflexões sobre a prática científica, esse tema possibilita inserir conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). A espectroscopia traz, ainda, inter-relações entre as disciplinas, pois esta provocou uma aproximação entre química, física e astronomia e, assim, desencadeando alterações nos métodos de investigação desses campos (LOPES, 2009). Ao longo da trajetória de alguns cientistas envolvidos nesse recorte histórico, é possível explicitar como eles dialogaram com o contexto em que viveram, produzindo uma ciência compatível com a cultura de sua época, os problemas e as suas soluções, puderam acontecer por meio do diálogo com outras áreas do conhecimento (GUERRA; REIS; BRAGA, 2010).

Assim, nesta pesquisa, após a revisão bibliográfica no escopo de abordagens históricas no ensino de ciências, buscou-se investigar a elaboração, implementação e análise de uma proposta pedagógica, inserida em duas disciplinas de Práticas Pedagógicas de Física II e Química II⁵, visando oferecer subsídios a esses futuros docentes, sobre as articulações entre a história e conteúdos específicos de e sobre a física e a química. A implementação e coleta de dados ocorreu no primeiro semestre de 2018.

Não localizamos um texto histórico, uma fonte secundária, que abordasse esse episódio da história da espectroscopia, para atender aos nossos propósitos, o que motivou a necessidade de realizarmos a pesquisa em HC para a construção de um texto histórico,

⁵ Conforme esclarecemos no capítulo 4, o tema da HC no ensino promoveu aulas integradas entre a turma de física e química.

comprometido com esse ambiente da formação de professores. Por se tratar de um conteúdo amplo, realizou-se um recorte histórico, a partir das contribuições de Niels Bohr, nos estudos da espectroscopia, buscando mostrar aspectos científicos e não científicos do processo de construção de novas teorias sobre a constituição da matéria. O texto originalmente produzido, de 60 páginas, excedia a quantidade de informações adequadas para o contexto em questão, de uma disciplina na formação de professores. Isso requereu posterior delimitação, cujo escopo mais amplo foi proposto pela banca de qualificação, para que se privilegiasse as contribuições de Nagaoka e Nicholson, bem menos conhecidas do que questões acerca da radiação do corpo negro e dos estudos de Planck para a questão. Utilizamos também um referencial para apoiar a transposição didática desses conteúdos históricos para o contexto educacional em questão (FORATO, 2009). Assim, o conteúdo histórico foi selecionado e delimitado, de acordo com o contexto de formação de professores. Alguns antecedentes históricos foram mantidos, conforme será explicitado nos capítulos 2 e 3, que permitiram exemplificar alguns aspectos da NDC. Segundo Roberto Martins (2006), o estudo adequado de um episódio histórico permite:

- Compreender as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS);
- Entender que a ciência faz parte de um desenvolvimento histórico, cultural e social, sofrendo influências e influenciando aspectos da sociedade;
- Perceber o processo coletivo e gradativo da construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais complexa sobre a NDC;
- Perceber diferentes procedimentos das ciências e suas limitações;
- Compreender que a ciência não é resultado da aplicação de um único método científico.

Além disso, segundo Schmiedecke e Porto (2014), a historiografia contemporânea procura destacar:

[...] a importância do contexto social na construção da ciência; a ocorrência de rupturas no processo de construção do conhecimento científico; as contribuições de outras formas de conhecimento (como a magia, os ofícios práticos, a astrologia, os saberes populares, etc.) e de outros povos e culturas além dos europeus, em diferentes épocas; e busca compreender as ideias científicas do passado no contexto em que foram produzidas, e não como “antecipações” ou “precursoras” das ideias do presente (SCHMIEDECKE; PORTO, 2014, p. 235).

Portanto, o estudo de um episódio histórico é adequado e relevante, na formação de uma concepção adequada sobre a NDC, ou ainda, sobre a compreensão de diversos aspectos envolvidos na prática científica (MARTINS, R., 2006; SILVA, C.; MOURA, B., 2008).

Partindo desses pressupostos, as questões que nortearam essa pesquisa foram: “Como desenvolver uma proposta pedagógica para licenciandos de ciências (física e química) sobre algumas das contribuições de Niels Bohr para o estudo da espectroscopia? Como implementar tal proposta e avaliar suas possíveis contribuições para oferecer-lhes subsídios para refletir sobre a inserção da HC na educação básica?”.

Estas questões orientaram as escolhas, os objetivos e os caminhos metodológicos desta pesquisa. Assim, temos, como objetivo geral desta pesquisa:

- *Produzir conhecimento acadêmico sobre a inserção da HC na formação de professores.*

Para isso, propusemos a elaboração, implementação e análise de uma proposta formativa em uma disciplina do curso de formação de professores. As etapas dessa proposta sinalizaram para a delimitação de objetivos específicos da pesquisa. De forma sucinta, temos como objetivos específicos:

- Elaborar uma proposta pedagógica, utilizando um episódio da história da espectroscopia, especificamente sobre as contribuições de Niels Bohr, para contextualizar historicamente conceitos de FMC de modo a permitir também, reflexões sobre a prática científica;
- Implementar a proposta para um grupo de professores em formação, licenciandos de ciências (física e química) da Unifesp;
- Avaliar as possíveis contribuições e limitações que a proposta trouxe para oferecer subsídios para formação dos professores, quanto aos usos da HC em sua prática profissional.

Em decorrência desse processo, esta pesquisa buscou também oferecer contribuições para a formação de licenciandos de ciências, favorecendo a contextualização de aspectos da prática científica, para que desenvolvam uma compreensão mais consistente e crítica do processo de produção do conhecimento científico.

Assim, o percurso desta pesquisa, apresentado nesta dissertação de mestrado é organizado em capítulos. O **Capítulo 2** traz uma revisão bibliográfica, onde são apresentados alguns dos benefícios formativos propiciados por abordagens históricas no ensino de ciências, bem como alguns dos desafios do uso da HC na formação de professores. Aborda-se, também, a relevância de propostas pedagógicas que valorizem a história da espectroscopia no

ensino de ciências, e justifica-se a escolha do recorte histórico, exibindo um levantamento bibliográfico, realizado por meio da análise de dez periódicos da área de ensino de Ciências e afins sobre a presença dos trabalhos de Niels Bohr, apresentado como uma das contribuições dessa pesquisa.

No **Capítulo 3**, é exibido o recorte histórico selecionado para o ambiente educacional a partir do estudo histórico, o qual teve como objetivo abordar as contribuições do físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962), nos estudos da espectroscopia, mostrando aspectos da prática científica e do contexto no qual os cientistas estavam inseridos.

A seguir, no **Capítulo 4**, são apresentados os critérios e metodologias utilizadas em cada uma das etapas dessa pesquisa:

1. Estudo teórico sobre os usos da HC no ensino e na formação de professores;
2. Estudo do episódio histórico sobre modelos atômicos, espectroscopia, Niels Bohr;
3. Adaptação do episódio histórico para o ambiente escolar;
4. Desenvolvimento de uma proposta didática para a formação de professores;
5. Estudo de referenciais teóricos para a implementação da proposta, coleta e análise dos dados;
6. Implementação da proposta e coleta de dados;
7. Análise de dados e resultados obtidos;
8. Reflexões sobre o processo.

Inicialmente explica-se sobre esta pesquisa ter uma interface entre diferentes áreas da educação, que são: o ensino de física, pesquisas envolvendo a formação de professores e a HC e seus usos no ensino. Posteriormente, discute-se sobre o estudo para a construção do recorte histórico realizado, mais especificamente sobre a busca por referências bibliográficas (fontes primárias e secundárias da HC). No próximo tópico, é descrita a delimitação do episódio histórico para o ambiente escolar da formação de professores, apoiando-se em Forato (2009) e Forato, Pietrocola e Martins (2011), assim como alguns pressupostos utilizados na elaboração da proposta didática. Na última seção, apresentam-se os planos empregados para a coleta de dados e os instrumentos utilizados, e a forma de validação desses dados, utilizando-se uma abordagem qualitativa do tipo estudo de caso. A seguir, fazemos breve discussão sobre a análise de conteúdo de Bardin, adotada como referencial para a análise dos dados.

O **Capítulo 5** traz a proposta didática, apresentando o contexto educacional para o qual a proposta foi desenvolvida nas disciplinas de Práticas Pedagógicas de Física II e

Práticas Pedagógicas de Química II do curso de Ciências – Licenciatura do *campus* Diadema da Unifesp.

No **Capítulo 6**, são apresentados os dados coletados, a análise de dados segundo Bardin e os resultados da aplicação da proposta pedagógica denominada “Contribuições de Niels Bohr para a espectroscopia – Uma proposta de inserção da história das ciências na educação”.

Por último, nas considerações finais, são mostradas as reflexões de todo o processo desta pesquisa de mestrado.

2. QUADRO TEÓRICO

Este capítulo é composto pelo quadro teórico que orienta essa pesquisa, considerando os seguintes aspectos: contribuições acerca das áreas de história das ciências no ensino de física, na formação de professores e no ensino de espectroscopia, sendo que este último consiste em uma revisão bibliográfica em dez periódicos nacionais.

2.1. A história das ciências no ensino de física

O ensino de física, em geral, tem sido baseado tradicionalmente na transmissão de conhecimentos prontos, desvinculados da realidade dos estudantes e descontextualizado historicamente (BRINCKMANN; DELIZOICOV, 2009; VITAL; GUERRA, 2016; AZEVEDO; SCARPA, 2017). Os conteúdos de ciências que geralmente estão presentes nos livros didáticos atribuem uma ênfase quase que exclusiva aos produtos do conhecimento científico, ignorando os processos de sua construção da ciência, ou seja, mostra uma descrição ingênua (ROZENTALSKI, 2018). Além disso, de acordo com Baldinato e Porto (2008), na maioria das vezes, os educadores em ciências (dentre elas a física) constroem suas sequências didáticas dentro de uma lógica positivista, isto é, apenas destacando aspectos da ciência que historicamente “ganharam”, e que em uma perspectiva de progresso linear e óbvio acabaram contribuindo para o desenvolvimento da ciência atual.

Nesse contexto, a FMC é apresentada aos estudantes como um campo de conhecimento acabado, não problemático, dentro de um conjunto natural de desenvolvimento da física. Segundo Roberto Martins (2006), os livros didáticos ressaltam os resultados, mostrando modelos e as teorias, conceitos que atualmente são aceitos pela comunidade científica, entretanto, a maioria não apresenta processos de sua construção e aspectos da NDC. Por exemplo, como os cientistas trabalhavam em cada época; as ideias que não são aceitas atualmente, mas que foram importantes nos respectivos contextos científicos; as relações entre a ciência e a sociedade, dentre outros fatores. Portanto, é necessário ultrapassar esse ensino dogmático-instrumental, onde as proposições científicas são apresentadas sem que haja discussões em volta do processo de construção do conhecimento científico (GUERRA; REIS; BRAGA, 2010).

Reforçando esse fato, conforme Schmiedecke e Porto (2017), o professor de ciências do ensino médio (EM) pode propor situações didáticas, discussões que superam os limites de

uma aprendizagem acrítica dos conteúdos científicos, meramente fundamentados pela memorização dos conteúdos. Indo nessa linha, Zanetic (2005), enfatiza que o ensino de física precisa ir além da memorização de fórmulas, pois:

[...] o ensino de física não pode prescindir, além de um número mínimo de aulas, da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social (ZANETIC, 2005, p. 21).

Um dos recursos didáticos e pedagógicos disponíveis ao professor de ciências (dentre eles o de física) é o uso da HC no ensino, para ensinar sobre ciências (SCHMIEDECKE; PORTO, 2017). Forato, Martins e Pietrocola (2012a) apontam que o estudo de episódios da HC tem sido recomendado como recurso pedagógico adequado para uma melhor compreensão da NDC. Assim, proporcionando a formação de um cidadão crítico, com a utilização de uma abordagem histórica no ensino de física (SILVA, R.; SILVA, A., 2014). Argumenta-se que a inserção da HC no ensino de ciências não como um conteúdo a mais ou com o sentido de transformar os cursos de ciências do ensino básico em cursos de HC, mas como uma forma de abordar temáticas da NDC (MOURA, C.; GUERRA, 2013). Evidencia-se o contexto, as formas de pensar e os debates que existem na própria ciência no desenvolvimento de uma nova teoria em detrimento de outra.

Nos últimos anos, tem-se debatido a importância do uso desse recurso, a HC, visando o aprendizado de conteúdos específicos, além de permitir reflexões sobre a NDC. Diversos autores defendem a inclusão da HC no ensino (GIL-PÉREZ et al., 2001; PEDUZZI, 2002; MARTINS, R., 2006; MARTINS, A., 2007; SILVA, C.; MOURA, B., 2008; FORATO, 2009; PORTO, 2010; MOURA, B., 2012; MARTORANO; MARCONDES, 2014; ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016; GURGEL, 2017; JARDIM; GUERRA, 2017 etc.), para uma formação crítica e reflexiva, permitindo uma melhor compreensão das relações existente entre as ciências e a sociedade de modo geral. Para um ensino tanto de conceitos científicos, como estudos *de e sobre* a ciência (prática científica).

Dentre os benefícios acerca da inserção da HC no ensino, segundo Schmiedecke e Porto (2017), o uso da HC integrado ao uso de outros recursos didáticos pode tomar os resultados mais eficazes. Portanto, a HC não pode substituir o ensino comum das ciências, entretanto, ela pode ajudar a complementá-lo de várias formas (MARTINS, R., 2006). O uso de uma abordagem histórica pode contemplar tanto a evolução conceitual e metodológica da

física quanto a relação da física com outras áreas do conhecimento e com a sociedade de uma maneira geral, ou seja, a física inserida no processo histórico (ZANETIC, 2006).

Gurgel (2017) indica que, ao introduzir alguns tópicos da HC, pode-se mostrar que a ciência é parte da sociedade, ou seja, o conhecimento científico não está distanciado das necessidades da sociedade e da época no qual foram elaborados. Isto é, a ciência é fruto desse ambiente cultural no qual está inserida (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006). Assim, abordagens históricas em ambientes de ensino podem contribuir para a compreensão do papel social que a ciência exerce em diferentes períodos históricos (BORGES, 2016).

Além dos benefícios citados acima, o uso da HC no ensino pode mostrar alguns momentos de transformação profunda da ciência, e, indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que estavam presentes no momento em que ocorreram tais mudanças (BASSO, 2004). Além disso, a HC pode ajudar a superar as dificuldades deparadas no entendimento dos conceitos científicos (BARBOZA; MARTORANO, 2017).

Como vimos anteriormente, os benefícios advindos da HC no ensino são apontados por diversos autores, além do mais, a inserção da HC na educação é mencionada em recomendações e diretrizes governamentais brasileiras, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), que assinalam a importância da HC como fonte para a construção de uma concepção não neutra da ciência. Com relação ao ensino de física, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) destacam:

[...] é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado a outras formas de expressão e produção humanas [...] Ao propiciar esses conhecimentos o aprendizado da Física promove a articulação de toda uma visão de mundo, de uma compreensão dinâmica do universo, mais ampla do que o nosso entorno material imediato, capaz, portanto de transcender nossos limites temporais e espaciais. Assim, ao lado de um caráter mais prático a Física revela também uma dimensão filosófica, com uma beleza e importância que não devem ser subestimadas no processo educativo. (BRASIL, 1999, p. 229)

Já no Ensino Médio, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), propostos como orientações complementares aos PCNEM, enfatizam que é necessário oferecer aos estudantes subsídios para “compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época” (BRASIL, 2002, p. 67). Ou seja, a física como um conhecimento humano, inserido num processo histórico e social.

No que se refere às Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), no artigo 13, é recomendado um ensino contextualizado, assim, mostrando o desenvolvimento do processo histórico de produção científica e tecnológica:

- I – As dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura como eixo integrador entre os conhecimentos de distintas naturezas, contextualizando-os em sua dimensão histórica e em relação ao contexto social contemporâneo;
- II – O trabalho como princípio educativo, para a compreensão do processo histórico de produção científica e tecnológica, desenvolvida e apropriada socialmente para a transformação das condições naturais da vida e a ampliação das capacidades, das potencialidades e dos sentidos humanos (BRASIL, 2012, p. 4).

Entretanto, a interface entre a HC e o ensino não é uma tarefa fácil e enfrenta alguns obstáculos. Gil Péres e colaboradores (2001) enfatizam que para uma representação adequada da ciência e do próprio trabalho científico é necessário evitar visões distorcidas do conhecimento científico. Os autores dissertam sobre sete visões deformadas desse conhecimento, que são: 1. Concepção empírico-indutivista e ateórica; 2. Visão rígida, algorítmica, exata, infalível; 3. Visão aproblemática e ahistórica; 4. Visão acumulativa de crescimento linear; 5. Visão exclusivamente analítica; 6. Visão indutivista e elitista e 7. Imagem descontextualizada e socialmente neutra da ciência. Segundo Viana e Testoni (2017), algumas visões distorcidas da ciência mostrariam a ciência:

[...] socialmente neutra e isolada do meio em que é construída (ou seja, descontextualizada), feita por gênios trabalhando de maneira isolada (elitista e isolada), um conjunto de conhecimentos elaborado necessariamente a partir de experimentos (concepções empírico-indutivista), infalível, sem problematização, especializada e acumulativa (o conhecimento científico apresenta um crescimento linear, sem rupturas, ao longo dos tempos) (VIANA; TESTONI, 2017, p. 126).

Danilo Cardoso e colaboradores (2015) reforçam que uma visão não ingênua da ciência, por exemplo, que a validade de uma teoria seja questionada de uma forma crítica, assim, mostra também as limitações de uma determinada teoria. Outros obstáculos apresentados é a falta de conhecimento histórico específico, insuficiência de fontes secundárias confiáveis, e também ausência de uma metodologia, materiais e estratégias de ensino adequadas (MARTINS, A., 2007).

Forato, Martins e Pietrocola (2012a) apresentam nove obstáculos superáveis e oito obstáculos contornáveis, na elaboração de um minicurso sobre a história da óptica. Por exemplo, os obstáculos enfrentados na construção da proposta, perpassam diferentes aspectos que envolvem conhecimento historiográfico e das didáticas das ciências, como podemos observar no quadro 2:

Quadro 2 - Obstáculos superáveis e contornáveis identificados na análise empírica.

Obstáculos superáveis (OS)	Obstáculos contornáveis (OC)
OS1. Concepção de ciência a ser apresentada: seleção dos aspectos da NDC. OS2. Seleção dos aspectos históricos a enfatizar em cada episódio. OS3. Nível de aprofundamento de alguns aspectos históricos. OS4. Nível de detalhamento do contexto não científico. OS5. Nível de aprofundamento de alguns aspectos epistemológicos. OS6. Se, quando, quanto e como utilizar trechos de fontes primárias. OS7. Formulação discursiva adequada ao nível de escolaridade visado. OS8. Tratar, diacronicamente, diferentes (a) concepções de ciência; e (b) pensadores de distintas épocas; e (c) conteúdos da HC de difícil compreensão na atualidade. OS9. Construção de atividades de ensino adequadas sob o ponto de vista pedagógico e epistemológico.	OC1. Concepções ingênuas sobre história e epistemologia da ciência. OC2. Falta de preparação do professor. OC3. Inadequação de textos especializados de HC ao EM. OC4. Falta de requisitos dos alunos em relação ao conhecimento matemático, físico, histórico, epistemológico e filosófico. OC5. Possível concepção prévia dos estudantes e professores, sobrevalorizando a capacidade da ciência atual de resolver todos os problemas. OC6. Enfatizar aspectos científicos ou enfatizar fatores externos à ciência. OC7. Quantidade da informação na forma de textos. OC8. Extensão x profundidade.

Fonte: FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2012a, p. 131.

Os autores consideraram como obstáculos superáveis aquelas dificuldades em que a solução poderia ser encontrada no próprio contexto educacional daquela pesquisa. Já os obstáculos contornáveis eram aqueles que a solução extrapolava os limites do curso no contexto em que foi aplicado (FORATO; MARTINS, R.; PIETROCOLA, 2012a).

Dentre os obstáculos enfrentados, observa-se que muitos deles estão relacionados também à atuação do professor em sala de aula. Por exemplo, um professor pode problematizar as concepções ingênuas sobre a NDC, as concepções inadequadas em materiais didáticos, a sobrevalorização da ciência atual como fonte de verdade acabada, além de equilibrar aspectos epistêmicos e não epistêmicos, evitando fomentar um relativismo ingênuo, desde que tenha sido preparado para isso.

Desse modo, no próximo tópico, vamos abordar sobre a HC na formação de professores, sobre a presença de disciplinas de cunho histórico-filosófico, as necessidades formativas, as dificuldades encontradas, dentre outros aspectos.

2.2. A história das ciências na formação de professores

A inclusão de temas de HC em cursos de formação inicial e continuada de professores, começou a partir da nova LDB, de 1996, e dos PCNs (PORTO, 2010). Além disso, de acordo com Pereira e André Martins (2011), a inserção da HC nas grades curriculares acadêmicas

começou a crescer após a Segunda Guerra Mundial. Conforme esses autores, a criação de revistas, sociedades, departamentos, e também a realização de estudos na área, constituem aspectos fundamentais para a sua institucionalização como uma disciplina nas universidades.

No Brasil, a partir da década de 1960, disciplinas de conteúdo histórico-filosófico começaram a ser introduzidos no ensino universitário. Isso ocorreu em virtude da compreensão que alguns pesquisadores brasileiros tiveram sobre a importância da inclusão dessas disciplinas na formação docente de qualquer campo da ciência (BASSALO, 1992). Além do mais, diversos programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências foram criados em todo o país, a partir da década de 90 e, com isso, a produção na área da HC teve um aumento considerável (BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL, 2014).

Além da presença nos programas de Pós-Graduação da área, a HC está presente no currículo dos cursos de formação de professores em diversos países (FORATO; MOURA, B., 2017). Nota-se que em várias universidades, no Brasil e no mundo, há pelo menos uma disciplina de cunho histórico e filosófico (PEREIRA; MARTINS, A., 2011). Pereira e André Martins (2011) investigaram algumas universidades públicas que contemplassem pelo menos uma disciplina com esse viés no período noturno, nos cursos de formação de professores de física e química. Como podemos observar no quadro 3, existem vários cursos de licenciatura em física que contemplam disciplinas de cunho histórico e filosófico. O período em que essas disciplinas são ofertadas varia de uma instituição para outra, bem como a sua carga horária, como observado no quadro abaixo.

Quadro 3 - Algumas universidades públicas que contemplam disciplinas relacionadas à História e Filosofia da Ciência no currículo de licenciatura em física - período noturno.

Instituições*	Disciplinas	Status	Créditos	Pré-requisitos	Período
UFG	Evolução da física I	Obrigatória	02	-	2º
	Evolução da física II	Obrigatória	02	-	8º
UnB	Evolução histórica dos conceitos da física	Obrigatória	04	Sim	6º
UFAL	História da ciência	Obrigatória	-	Não	6º
	Filosofia da ciência	Obrigatória	-	Sim	7º
UFBA	Evolução da física	-	03	Não	-
UFRR	História da física	Obrigatória	03	Sim	5º
UFPA	História da ciência	Opcional	03	-	-
UFAP	História e epistemologia da física	Obrigatória	04	Não	7º
UFF	Evolução dos conceitos da física	Obrigatória	04	Sim	6º
USP	Evolução dos conceitos da física	Opcional	02	Sim	9º
UFMG	Evolução das ideias da física	Obrigatória	04	Sim	6º
UFPR	História da física	Obrigatória	04	Sim	7º
	Epistemologia da ciência natural	Opcional	-	Sim	-
UFRGS	História e epistemologia da física	Obrigatória	04	Sim	9º

Fonte: PEREIRA; MARTINS, A., 2011, p. 256.

Notas:

*UFG: Universidade Federal de Goiás; UnB: Universidade de Brasília; UFAL: Universidade Federal de Alagoas; UFBA: Universidade Federal da Bahia; UFRR: Universidade Federal de Roraima; UFPA: Universidade Federal do Pará; UFAP: Universidade Federal do Amapá; UFF: Universidade Federal Fluminense; USP: Universidade de São Paulo; UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais; UFPR: Universidade Federal do Paraná; UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Podemos observar que a maioria das disciplinas de caráter histórico-filosófico, dos cursos de licenciatura em física, é obrigatória e é ofertada em diferentes semestres durante a graduação. Além disso, é importante destacar que as abordagens de história, filosofia ou sociologia da ciência podem acontecer em disciplinas, sem que tal conteúdo fique explícito no seu nome. Por exemplo, no curso de Graduação em Ciências, do *campus* Diadema da Unifesp, há abordagens da HC e da NDC, em perspectiva atual, em disciplinas como Física III e IV, Práticas Pedagógicas de Ciências, Práticas Pedagógicas de Física e de Química, Estrutura da Matéria, além de outras, a depender dos docentes que as ministram.

Os resultados de uma pesquisa realizada por Schmiedecke e Neto (2015), com um grupo de licenciandos em física de duas instituições públicas de ensino superior da cidade de São Paulo também reforçam a necessidade de se oferecer disciplinas de cunho histórico-filosófico nos cursos de formação de professores de física. Entretanto, mesmo inserindo elementos da HC na formação docente, isso não garante que essas sejam implementadas na sala de aula com o enfoque recomendado pelos documentos oficiais (MARTINS, A., 2007).

Além dos exemplos citados acima, diversos autores vêm destacando as implicações de cunhos teórico e prático da HC no ensino de ciências. É relevante e pertinente a inclusão de discussões históricas e filosóficas na formação de professores de ciências (MARTINS, A., 2007; BRINCKMANN; DELIZOICOV, 2009; PORTO, 2010; CARDOSO, M., 2014, 2018; SCHMIEDECKE, 2016; LEAL, 2017; FORATO, 2019, dentre outros). Dentre os benefícios do uso da HC na formação de professores, de acordo com André Martins (2007), a HC tem um caráter formativo para o professor, podendo contribuir para evitar visões distorcidas sobre o fazer científico, e assim permitindo um entendimento mais apurado dos diversos aspectos envolvendo o processo de ensino-aprendizagem da ciência. Reforçando esse fato, Roberto Martins (2006) considera que seja o momento de inserir a HC na educação científica, em todos os níveis, começando pela formação dos docentes.

Segundo Delizoicov (2000), uma das prioridades na formação de professores de física é com relação aos conhecimentos específicos de sua disciplina e as contribuições da HC para ela. Além disso, é necessário que os futuros professores articulem a história e a física, por exemplo. Brinckmann e Delizoicov (2009) reforçam que, para a inserção de uma perspectiva

histórica no ensino das ciências é necessário que os docentes tenham a formação necessária para as articulações entre a história e a ciência.

De acordo com Forato, Bagdonas e Testoni (2017), o uso de diferentes episódios históricos pode oferecer exemplos para os futuros professores para compreenderem as diversas metodologias e aspectos epistêmicos das ciências, além da influência de aspectos sociais, políticos, pessoais ou de qualquer outra ordem de seus respectivos contextos.

Outro ponto fundamental é que o professor precisa ter um olhar crítico sobre o conhecimento científico, sendo que o estudo da NDC pode contribuir para formar professores capazes de discutir não só a ciência, como também sobre ela (SILVA, C.; MOURA, B., 2008). Nessa linha, a HC pode auxiliar na reflexão por parte dos professores sobre a importância de superarem visões estereotipadas da ciência (PORTO, 2010). Além disso, o uso da HC pode preparar os professores, por exemplo, para compreenderem um resultado inesperado em um experimento simples e o uso da filosofia da ciência podem auxiliar os docentes a interpretar esses resultados para os estudantes (BASSO, 2004).

Entretanto, a inserção da HC em todos os níveis de ensino (especialmente no nível médio e universitário) tem encontrado obstáculos. Além do mais, boa parte dos cursos de graduação não consta com disciplinas voltadas para a inserção da HC ou que trazem discussões sobre a ciência (GURGEL, 2017). Alguns obstáculos são de cunho histórico, e se constituem em críticas a essa inserção, tais como: o uso de uma pseudo-história e de uma *quasi-history* (PEREIRA; MARTINS, A., 2011). Para Matthews, a *quasi-history*:

[...] tem-se uma falsificação da história com aspecto de história genuína, semelhante ao que Lakatos chamava de reconstruções racionais da história (1978), onde a história é escrita para sustentar uma determinada versão de metodologia científica e onde as figuras históricas são retratadas à luz da metodologia ortodoxa atual (MATTHEWS, 1995, p. 174).

Outras barreiras são com relação ao número insuficiente de professores com formação básica na área e também a carência de material adequado sobre o tema (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, R., 2011). Reforçando esse fato, Medeiros e Bezerra Filho (2000) alegam que não basta apenas inserir conteúdos de história e de filosofia na formação inicial de professores, se não houver materiais apropriados com orientações e propostas para o ambiente escolar. E ainda existem obstáculos referentes ao uso de equívocos sobre a NDC e do seu uso na educação, e à falta de professores com formação específica na área em que possam ministrar as disciplinas de conteúdo histórico e filosófico (MARTINS, R., 2006).

A pesquisa realizada por Forato (2009) implementou uma proposta que buscava discutir aspectos da NDC no EM e uma das dificuldades apontadas pela autora era a questão da formação da professora participante da pesquisa, que ministrou o curso. Foi necessário preparar a professora e adequar os materiais didáticos para viabilizar a inserção da HC na sala de aula. Tudo isso se configura em mais desafios para essa abordagem.

Outros obstáculos existentes, de acordo com Lopes e Roberto Martins (2007b), apontam que no Brasil essas abordagens são rudimentares, tanto na formação de professores (inicial e continuada), como no ensino de ciência no ensino básico. Ademais, no âmbito da educação em física, boa parte das disciplinas básicas não contempla discussões de aspectos históricos dos conteúdos abordados (PEDUZZI, 2004). Assim, priorizam o produto do conhecimento, conferindo pouco ou nenhum valor a seu processo de construção.

Pensando nos benefícios e nas barreiras existentes na implementação da HC na formação de professores, que tipos de cursos seriam apropriados para esse público? Para Matthews (1995) as disciplinas de HC devem considerar os problemas dos quais os professores acham relevantes para o desenvolvimento de sua prática. Segundo este autor, para ser possível converter projetos curriculares em realidade nas salas de aula demanda “novas orientações para a prática e a avaliação, novos materiais didáticos e, acima de tudo, a inclusão de cursos adequados sobre HFS [história, filosofia e sociologia da ciência] no treinamento de professores” (MATTHEWS, 1995, p. 168). Já, de acordo com Schmiedecke e Porto (2014, p. 234), “a estratégia de ensino mais adequada seria introduzir explicitamente aspectos da historiografia da ciência nos cursos de formação inicial e continuada de professores, assim proporcionando oportunidades para reflexões a respeito desta”.

Leal (2017) propõe o uso de distintos episódios históricos, assim, mostrando diferentes contextos para ressaltar a pluralidade de versões sobre as relações entre ciência e religião, buscando combater estereótipos. O autor sugere diferentes temas, épocas e personagens a abordar, e que a seleção dos recortes históricos deve considerar o ambiente educacional de cada formador. Matheus Cardoso (2018) elaborou uma proposta pedagógica utilizando uma abordagem histórica investigativa para ensinar o conceito de fotossíntese para um grupo de professores em formação. Os resultados indicam diferentes benefícios mencionados pelos professores, ainda que a proposta tenha ocorrido em um único encontro de quase quatro horas.

Forato (2019), em uma pesquisa com um grupo de licenciandos do curso de Graduação em Ciências, para o qual se volta a presente pesquisa, mostra que estes sentem dificuldades em identificar materiais historiográficos para serem utilizados na escola básica,

entretanto, segundo a autora, boa parte dos discentes terminou o curso apresentando um bom conhecimento da temática e sobre os benefícios de se preparar propostas didáticas envolvendo a inserção da HC no ensino.

Diante desses benefícios e obstáculos, nesta pesquisa, buscou-se oferecer uma contribuição para a formação de professores, de modo a ir minimizando as lacunas entre a pesquisa e a sala de aula. Visando esta problemática, esta pesquisa procurou analisar como contribuir para a formação de professores, em relação ao uso da HC no ensino.

Para isso, foram desenvolvidos um texto histórico (apresentado no capítulo 2) e uma proposta didática (capítulo 4) aplicada com dois grupos de licenciandos em física e química. A análise de dados forneceu elementos para pensarmos a formação inicial de professores de ciências. Ademais, essa proposta trouxe uma contribuição para a formação destes professores, entendendo que estes possam ter uma visão mais abrangente das contribuições de Niels Bohr para os estudos da espectroscopia. A próxima seção descreve sobre a história da espectroscopia na escola básica e o porquê da escolha do período histórico abordado nesta pesquisa.

2.3. A história das ciências no ensino da espectroscopia

Nas últimas duas décadas, a introdução de conteúdos da FMC na escola básica tem sido elevada em parte pelos avanços tecnológicos proporcionados pelos conhecimentos desenvolvidos nesse campo da física, e também pelos diversos trabalhos acadêmicos⁶ e por documentos oficiais⁷ que conduzem a educação no Brasil (SCHIEMEDECKE; PORTO, 2014). Segundo Guerra, Reis e Braga (2010), apesar da grande quantidade de resultados favoráveis, é importante o aprofundamento das discussões acerca do assunto.

Estudar um pouco sobre a história da espectroscopia permite inserir discussões sobre a NDC, modelos atômicos, formação das linhas espectrais, além de propiciar uma introdução de temas da FMC do século XX. Como parte integrante da história da FMC, o átomo de Bohr tem sido abordado em livros de física do ensino básico (BASSO; PEDUZZI, 2003).

Os estudos do átomo de Bohr encontram-se no “Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias”, no bloco “matéria e radiação” desse documento, e está relacionado à compreensão do mundo microscópico, aos modelos atômicos e o documento

⁶ Alguns exemplos: VALADARES; MOREIRA, 1998; PINTO; ZANETIC, 1999; OSTERMANN; MOREIRA, 2001; BROCKINGTON, 2005; GUERRA; REIS; BRAGA, 2010; PORTO, 2011; SILVA, H., 2013.

⁷ Alguns exemplos: BRASIL, 1999; BRASIL, 2002; BRASIL, 2006; BRASIL, 2012.

destaca os estudos dos espectros de luz para a elaboração desta teoria. De acordo com os PCN+ (2006), aspectos da chamada FMC são indispensáveis para que os estudantes adquiram uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria. Conhecer o contexto histórico que demandou o desenvolvimento desses conteúdos científicos permitirá trazer significado aos conceitos, leis e teorias da ciência. Ademais, o estudo da espectroscopia possibilita introduzir conceitos da teoria quântica, como: radiação de corpo negro, espectros contínuos e discretos, dentre outros temas.

Além dos documentos oficiais, estudos apontam que as narrativas acerca da construção dos modelos atômicos, do final do século XIX e início do século XX, são muito mais complexos do que as apresentadas pelos livros didáticos (MOURA, C., 2014). Basso (2004) investigou como o modelo de Bohr se apresenta, em relação ao conteúdo e contexto histórico, em cinco livros didáticos de física do EM e em um Projeto de Ensino do Grupo de Reelaboração do Ensino da Física (GREF) da Universidade de São Paulo (USP). Dentre os aspectos analisados pela autora encontra-se a possível disseminação da visão empirista-indutivista da ciência (BASSO, 2004). A autora também investigou a presença do átomo de Bohr em quatro livros universitários.

Assim, há diversos aspectos da história da espectroscopia no final do século XIX e começo do século XX, e seu diálogo com a história do átomo de Bohr, que apresentam potencial para avaliar a inserção da HC na formação de professores e se alinham com os propósitos desta pesquisa. De modo geral, esta pesquisa objetiva avaliar a preparação de professores para utilizar um material historiográfico considerado atual e adequado, adaptando-o para a sala do EM, de modo que promova o ensino de conceitos científicos, em perspectiva contextualizada, e que fomente reflexões sobre a NDC ou prática científica. Por esse motivo, utilizar as contribuições de Niels Bohr para os estudos da espectroscopia permite aliar o uso da HC ao ensino de tópicos da física do século XX no ensino, torna-se um tema interessante para auxiliar a avaliação proposta por essa pesquisa, além de oferecer contribuições temáticas para os professores em formação, sujeitos dessa pesquisa.

Desse modo, realizamos uma revisão bibliográfica para conhecer um pouco da literatura especializada acerca da inserção desse tema no ensino de ciências⁸. A partir de uma revisão bibliográfica em banco de dados de teses e dissertações, foram identificados trabalhos que relacionavam os estudos de Bohr à espectroscopia. Dentre essas, encontram-se pesquisas realizadas por historiadores da ciência, que subsidiaram a construção do episódio histórico

⁸ A metodologia adotada nos levantamentos bibliográficos será detalhada no capítulo 3 desta dissertação.

que será apresentado no capítulo 2 (SCHMIDT, 2008; LOPES, 2009; PENNA, 2009; PIROLO, 2010) e auxiliaram na busca de outras fontes que contribuíram para a elaboração do episódio (HEILBRON; KUHN, 1969; HEILBRON, 1981, 1977; KRAGH, 2010, 2011, 2012, 2013a, 2013b, dentre outras). Buscamos, também, por pesquisas que tiveram o objetivo de trabalhar a interface entre a HC e o ensino, aplicando esse tema nas suas propostas pedagógicas no EM (SILVA, H., 2013; MOURA, C., 2014).

A dissertação de Marcelo Pirolo (2010) foi relevante para a construção dos antecedentes históricos (capítulo 2), pois em seu mestrado em HC, o autor trabalhou sobre as contribuições de Robert Wilhelm Bunsen e Gustav Robert Kirchhoff para a espectroscopia do século XIX. A partir da leitura desse trabalho e de suas fontes, foi possível compreender melhor os procedimentos utilizados em espectroscopia, como o uso do espectroscópio para a detecção de novos elementos químicos (terrestres e celestes). Esses estudos, posteriormente, foram fundamentais no desenvolvimento das fórmulas empíricas no final do século XIX (Balmer, Rydberg, Paschen, dentre outros), que tentavam explicar as linhas presentes nos espectros desses elementos.

A tese de Valmir Lopes (2009), abordou os modelos atômicos no início do século XX, mostrando o período de introdução da teoria quântica, a partir das contribuições de Joseph John Thomson, Hantaro Nagaoka, Ernest Rutherford, John William Nicholson e Niels Bohr e seus contemporâneos, mostrando desde a Física Clássica até a introdução da Teoria Quântica. Na leitura desses episódios históricos, verificou-se que a espectroscopia foi um dos estudos desenvolvidos no final do século XIX que contribuíram para o desenvolvimento das teorias atômicas da época.

Já a dissertação de Marcos Penna (2009) investigou sobre a concepção de estrutura da matéria no início do século XX e mostrou o trabalho desenvolvido pelo físico Niels Bohr na formulação de seu modelo atômico, a partir do modelo atômico de Rutherford e posteriormente os estudos sobre as linhas espectrais observadas a partir da análise espectroscópica dos elementos químicos.

Douglas Schmidt (2008) investigou a fase inicial da construção da chamada mecânica ondulatória, formulada pelo físico austríaco Erwin Schrödinger, entre os temas trabalhados em seus antecedentes estão a teoria de Planck e o átomo quantizado de Niels Bohr e nos desenvolvimentos desses temas também é mostrado as influências dos estudos da espectroscopia.

Cristiano Moura (2014) discutiu aspectos da NDC no EM, a partir do desenvolvimento dos modelos atômicos. No decorrer da abordagem didática introduzindo a narrativa histórica, é mostrado que um dos campos que foram importantes para o desenvolvimento dessas teorias sobre a constituição dos átomos, está relacionado os estudos da espectroscopia. Além disso, o autor aplicou a sequência didática construída e analisou os dados coletados.

Já os estudos de Hebert Silva (2013) visaram introduzir a FMC no EM, tendo como tema a espectroscopia, por uma abordagem histórico-filosófica. O autor implementou essa proposta buscando privilegiar a contextualização do trabalho científico, em uma das aulas um dos temas trabalhados era a relação entre o modelo atômico de Niels Bohr e a espectroscopia.

Visando agregar mais contribuições, esta pesquisa de mestrado busca, no recorte histórico, enfatizar os modelos atômicos pouco conhecidos, aspectos pessoais de cientistas e alguns elementos do desenvolvimento da espectroscopia na elaboração de alguns modelos atômicos do começo do século XX, com ênfase nos trabalhos de Niels Bohr, propondo uma abordagem histórica alternativa às narrativas presentes em materiais didáticos, assim, avaliando os possíveis subsídios desse texto histórico na formação inicial de professores de ciências, com o intuito de promover reflexões sobre a NDC ou prática científica. Além disso, esse recorte pode ser utilizado por professores universitários de física, química e áreas afins.

Além desses trabalhos que subsidiaram na construção do episódio histórico, realizou-se uma revisão bibliográfica em periódicos da área de ensino para complementar os trabalhos que já haviam sido encontrados.

2.4. Presença de pesquisas sobre Niels Bohr em alguns periódicos da área de ensino de Ciências e afins

Com o objetivo de também buscar subsídios para a construção do episódio histórico, assim como de elementos que possam ser usados na construção da proposta didática voltada para a formação inicial de professores, realizou-se um levantamento bibliográfico sobre a presença dos estudos do físico dinamarquês Bohr em publicações da área de ensino de ciências e afins. Além disso, procurou-se classificar as publicações de acordo com seus objetivos, para ter um panorama geral de como as pesquisas sobre Bohr são abordadas em periódicos da área.

Esse levantamento envolveu a consulta de periódicos nacionais e internacionais, em revistas da área de ensino de ciências, que abrangeram publicações que abordam as pesquisas

desenvolvidas por Bohr – em todos os níveis de ensino. Sejam artigos específicos sobre os estudos de Bohr, envolvendo o modelo atômico elaborado por ele, ou limitações deste para a interpretação do espectro de hélio e até mesmo o princípio da complementaridade, dentre outros enfoques. A metodologia usada neste levantamento bibliográfico é descrita a seguir.

2.4.1. Metodologia da revisão bibliográfica

A metodologia de pesquisa utilizada nesta revisão foi mista. Os métodos mistos se concentram em coletar e analisar os dados tanto quantitativamente como qualitativamente em um único método (CRESWELL, 2007). Esse método guiou o planejamento, a coleta e análise dos artigos coletados, em alguns periódicos nacionais e internacionais.

Para a seleção das revistas, utilizou-se um método misto de busca, da seguinte maneira:

- Inicialmente, essas revistas foram selecionadas a partir de um levantamento preliminar de artigos sobre os trabalhos de Niels Bohr e sua relação com o ensino de ciências (biologia, física e química), conforme descrito abaixo;
- Posteriormente, o critério de seleção dessas revistas foi feito com base no sistema de avaliação da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior CAPES – WebQualis⁹ – relativo à área de ensino do ano de 2017. Os periódicos selecionados possuem classificações A1, A2, B1 e B2, de acordo com a área de ensino da CAPES referente ao ano de 2017. A tabela 1 mostra a classificação de cada revista analisada.

Com relação à seleção dos periódicos que foram analisados, selecionamos oito (8) periódicos nacionais e dois (2) periódicos internacionais. Revisamos esses periódicos desde seu primeiro número, até julho de 2017¹⁰, disponibilizados no endereço eletrônico de cada periódico estudado, por esse motivo o período ponderado, bem como o total de artigos investigados, variou de acordo com cada revista, conforme pode ser observado na tabela 1.

Durante a seleção dos artigos, consultou-se o portal eletrônico de cada periódico de forma individual. O procedimento de busca por artigos científicos seguiu o seguinte procedimento: em um primeiro momento nos títulos, resumos e palavras-chave, as palavras

⁹ O WebQualis é o aplicativo que permite a classificação e consulta ao Qualis das áreas, bem como a divulgação dos critérios utilizados para a classificação de periódicos. Disponível em: <http://qualis.capes.gov.br.principal.seam> Acesso em: 05 de jul. 2017.

¹⁰ Com exceção da Revista Brasileira de Ensino de Física, que foi revisada de 2001 a 2017, devido ao grande número de edições.

“Bohr”, “modelos atômicos” (ou átomo, atômico), princípio da complementaridade, FMC (teoria quântica, mecânica quântica, física quântica) e história das ciências (epistemologia, história e filosofia da ciência, episódio histórico), pois um dos objetivos desta revisão é verificar a possibilidade de subsídios que esses artigos para a construção de um episódio histórico. Nos artigos que não tinham resumo (como alguns artigos da Revista Brasileira de Ensino de Física), fez-se essa busca no texto completo, aliada a uma análise da coerência entre o artigo e o nosso objetivo. Posteriormente, realizou-se uma leitura preliminar dos artigos, para verificar se iria tratar das pesquisas desenvolvidas por Bohr.

Como citado acima, a metodologia de levantamento bibliográfico teve que se adaptar às condições de busca de cada periódico, a fim de minimizar a possibilidade de artigos dedicados ao tema estudado não serem devidamente abrangidos. Admite-se, contudo, que tal possibilidade de ausência de identificação de trabalhos da temática existe, mesmo com todos os métodos citados.

O próximo subitem descreve um pouco dos resultados obtidos, mostrando os dados gerais dos artigos encontrados, como: a porcentagem de artigos encontrados por periódico, distribuição anual, dentre outras características.

2.4.2. Resultados e discussões sobre a revisão bibliográfica

As dez revistas analisadas para a realização deste levantamento foram: Ciência & Educação; Revista Brasileira de Ensino de Física; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Investigações em Ensino de Ciências; *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*; Experiências em Ensino de Ciências; Revista Brasileira de História da Ciência e *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*. Dentre essas dez revistas duas são internacionais (*Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias* e *Revista Tecné, Episteme y Didaxis*).

Tabela 1 - Periódicos investigados, organizados de acordo com a classificação Qualis da CAPES com respectivos períodos analisados, quantidade total de periódicos, e total de artigos encontrados sobre Niels Bohr.

Qualis CAPES	Periódicos	Período analisado	Total de números analisados	Total de artigos encontrados
A1	Ciência & Educação	1994-2017	55	06
	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	1999-2017	45	01
	Revista Brasileira de Ensino de Física	2001-2017	67	14
A2	Alexandria	2008-2017	25	02
	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	1984-2017	106	08
	Investigações em Ensino de Ciências	1996-2017	64	03
	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	2006-2017	24	01
B1	Experiências em Ensino de Ciências	2006-2017	39	04

B2	Revista Brasileira de História da Ciência	2008-2016	17	01
	Tecné, Episteme y Didaxis	1991-2017	45	06
	Total		487	46

Fonte: Elaborada pela autora.

Na tabela 1, vemos que 46 artigos foram publicados em 487 volumes.

Conforme apresentado na tabela 2, abaixo, foram encontrados esses 46 artigos (~0,80%) que apresentaram alguma vinculação com os trabalhos de Bohr e sua relação com o ensino, num total de 5732 artigos distribuídos nas dez revistas selecionadas. Além do que, podemos observar que a porcentagem de artigos encontrados sobre os trabalhos de e sobre Bohr, de acordo com as revistas estudadas, não variam muito, boa parte delas, com exceção dos periódicos “Experiências em Ensino de Ciências” (~1,07%) e “Revista Brasileira de Ensino de Física” (1,10%), possui menos de 1% de artigos encontrados.

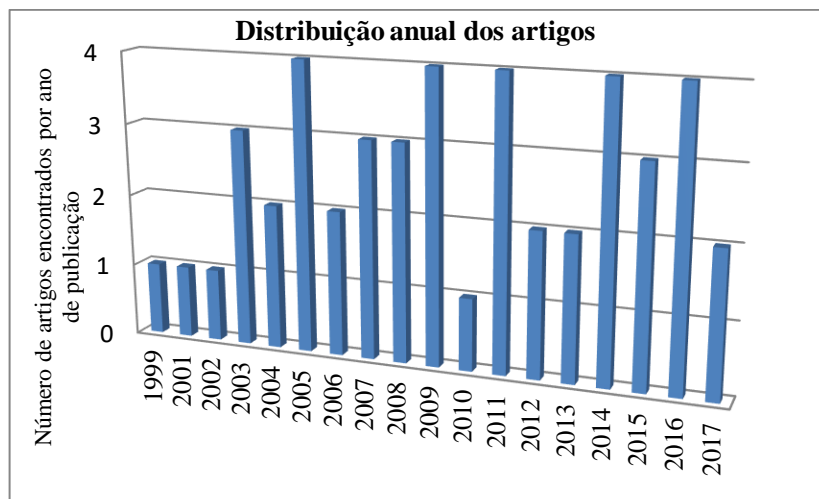
Tabela 2 - Periódicos investigados, mostrando a porcentagem de artigos encontrados sobre os trabalhos de Niels Bohr, de acordo com o período analisado e o número total de artigos do periódico.

Periódicos	Período analisado	Total de artigos	Total de artigos de ou sobre Bohr	Porcentagem (%)
Ciência & Educação	1994-2017	694	06	0,86%
Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências	1999-2017	401	01	0,25%
Revista Brasileira de Ensino de Física	2001-2017	1268	11	1,10%
Alexandria	2008-2017	238	02	0,84%
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	1984-2017	1118	08	0,71%
Investigações em Ensino de Ciências	1996-2017	431	03	0,70%
Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias	2006-2017	141	01	0,71%
Experiências em Ensino de Ciências	2006-2017	372	04	1,07%
Revista Brasileira de História da Ciência	2008-2016	217	01	0,46%
Tecné, Episteme y Didaxis	1991-2017	852	06	0,70%
	-	5732	46	0,80%

Fonte: Elaborada pela autora.

A distribuição dos 46 artigos por ano encontra-se no gráfico 1, onde podemos perceber que não houve um padrão no número de publicações no decorrer dos anos e, neste gráfico, só foram inseridos anos que apresentassem pelo menos uma publicação referente aos trabalhos do físico dinamarquês Niels Bohr, sejam trabalhos teóricos ou com associação ao ensino de ciências. O primeiro artigo encontrado refere-se ao ano de 1999 e os últimos ao ano de 2017.

Gráfico 1 - Distribuição anual dos artigos encontrados de ou sobre Niels Bohr em periódicos analisados.



Fonte: Elaborado pela autora.

A maioria dos periódicos examinados não é específica da área da HC (com exceção da Revista Brasileira de História da Ciência). Entretanto, boa parte dos artigos analisados tem implicações didáticas de HC no ensino, seja por meio da análise de conteúdo histórico em livros didáticos, estudo de episódios históricos ou até mesmo propostas e/ou aplicação de sequências didáticas, utilizando uma abordagem histórico-filosófica.

Outras publicações que não tem um viés da HC são bastante variadas, tais como ambientes virtuais no ensino de ciências, introdução da FMC no ensino, o uso de experimentos no ensino de ciências, teorias de aprendizagem, investigação de fenômenos físicos, dentre outros.

Por esse motivo, consideramos relevante realizar também uma análise qualitativa desses artigos, no sentido de conhecer os enfoques adotados. Assim, esses artigos foram selecionados em diferentes categorias de classificação, por terem objetivos de pesquisa e enfoque diferentes, como análise de livro didático, construção de um episódio, dentre outros.

A seguir, apresentamos uma organização dos artigos por enfoques adotados, e sua distribuição nos diferentes periódicos.

Classificação e agrupamentos dos artigos por enfoques temáticos

Para conhecer os diferentes enfoques que foram dados às abordagens históricas sobre a História do modelo atômico de Bohr e a espectroscopia, procurou-se verificar os objetivos dos trabalhos. Assim, possibilitou-se a classificação desses em sete grupos temáticos, de acordo com seus objetivos, que são:

- 1) Análise de livro didático: engloba trabalhos que se dedicaram à análise de livros didáticos de diversos níveis de ensino. Um dos trabalhos analisou os conteúdos de física moderna dos livros didáticos de física disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM); já outro trabalho analisou as transformações sofridas pelo conhecimento, desde os primeiros registros até a forma como ele aparece nos livros didáticos;
- 2) Aplicação de proposta de ensino: refere-se à implementação de propostas didáticas que visam promover nos estudantes um melhor entendimento dos temas propostos em cada artigo, em diversos níveis de ensino. Em algumas propostas o público alvo era alunos do EM. Uma dessas era relacionada ao modelo atômico de Bohr, durante o desenvolvimento de uma oficina temática, já outra aplicação analisou caminhos para a inserção da história e filosofia da ciência utilizando temas de física moderna no estudo do tema energia. Outras propostas foram aplicadas em cursos de licenciatura. Uma dessas analisou as concepções dos alunos sobre a NDC em uma disciplina de história e epistemologia da física; em outra foi implementada uma proposta utilizando um ambiente virtual 3-D sobre orbitais atômicos para alunos do 1º ano da universidade;
- 3) Avaliação de material e/ou proposta didática: trata de artigos que trazem estratégias didáticas para o ensino de ciências, como: Reconstrução Racional Didática (RRD), atividades experimentais, o uso da HC no ensino de ciências e física e arte;
- 4) Concepção de alunos sobre o tema: é sobre concepções dos alunos sobre determinados temas, como: as interpretações de discentes sobre alguns temas da teoria da Mecânica Quântica; investigação sobre o que os alunos do EM entendem sobre as analogias utilizadas no ensino dos modelos atômicos de J. J. Thomson e Bohr; e as ideias de alunos do 1º ano do EM, com relação às teorias atômicas e os modelos atômicos, por meio de avaliação da representação por desenhos;
- 5) Estratégias didáticas: refere-se à avaliação de material e/ou proposta didática, seja por meio da avaliação do uso de uma proposta de ensino como a FMC; uso de um experimento de baixo custo para o ensino de astronomia; obras de Salvador Dalí no ensino de Teoria da Relatividade e a Mecânica Quântica; validação de material instrucional, para verificar o efetivo potencial do instrumento;
- 6) Pesquisa básica ou aplicada: artigos destinados à investigação de fenômenos físicos e os seus fundamentos, tradução de artigos e/ou releituras destes;

- 7) Textos de HC: textos de HC, seja por meio de um episódio histórico, estudo de caso histórico, referencial epistemológico, dentre outros.

Esses grupos temáticos foram organizados de maneira que cada publicação acabou sendo alocada em apenas um deles. A tabela 3 mostra a distribuição dos artigos nos periódicos. Podemos observar que a categoria “Aplicação de proposta de ensino”, tem a maior porcentagem encontrada (~30,43%) do total de artigos analisados, seguida por “Textos de HC” (~23,91%).

Tabela 3 - Distribuição dos artigos analisados de acordo com os sete grupos temáticos.

Periódicos	Temas avaliados							Total
	Análise de livro didático	Aplicação de proposta de ensino	Avaliação de material e/ou proposta didática	Concepção de alunos sobre o tema	Estratégias didáticas	Pesquisa básica ou aplicada	Textos de HC	
C&E	1	2	1	-	1	-	1	6
Ensaio	-	-	-	-	1	-	-	1
RBEF	3	3	1	-	-	5	2	14
Alexandria	-	-	-	-	-	-	2	2
CBEF	-	2	-	-	2	-	4	8
IENCI	-	1	-	2	-	-	-	3
REIEC	-	1	-	-	-	-	-	1
EENCI	-	3	-	1	-	-	-	4
RBHC	-	-	1	-	-	-	-	1
TED	1	2	-	-	-	1	2	6
Total	5	14	3	3	4	6	11	46
(%)*	10,87%	30,43%	6,52%	6,52%	8,70%	13,04%	23,91%	100%

Fonte: Elaborada pela autora.

Notas:

*Porcentagem de acordo com o total de artigos analisados (46 artigos).

C&E: Ciência & Educação; Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências; RBEF: Revista Brasileira de Ensino de Física; Alexandria; CBEF: Caderno Brasileiro de Ensino de Física; IENCI: Investigações em Ensino de Ciências; REIEC: *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*; EENCI: Experiências em Ensino de Ciências; RBHC: Revista Brasileira de História da Ciência; TED: *Tecné, Episteme y Didaxis*.

A tabela 4 mostra a distribuição desses artigos de acordo com os sete (7) grupos temáticos, só que agora considerando apenas os artigos que tenham relação com a HC no ensino. Podemos observar que quase a metade desses 23 artigos são textos de cunho histórico (~47,83%), seguido pelo uso da HC como estratégia didática (13,04%).

Tabela 4 - Distribuição dos artigos com relação a HC no ensino nos sete grupos temáticos.

Periódicos	Categorias de Análise							Total
	Análise de livro didático - HC	Aplicação de proposta de HC no ensino	Avaliação de material e/ou proposta de HC no ensino	Concepção de alunos sobre a HC	Estratégias didáticas de HC	Pesquisa básica em HC	Textos de HC	
C&E	1	-	-	-	1	-	1	3
Ensaio	-	-	-	-	1	-	-	1

RBEF	1	1	1	-	-	-	2	5
Alexandria	-	-	-	-	-	-	2	2
CBEF	-	2	-	-	1	-	4	7
IENCI	-	-	-	-	-	-	-	-
REIEC	-	1	-	-	-	-	-	1
EENCI	-	-	-	-	-	-	-	-
RBHC	-	-	1	-	-	-	-	1
TED	-	1	-	-	-	-	2	3
Total	2	5	2	-	3	-	11	23
(%)*	8,70%	21,74%	8,70%	-	13,04%	-	47,83%	100%

Fonte: Elaborada pela autora.

Nota:

*Porcentagem de acordo com o total de artigos analisados (23 artigos).

No tópico a seguir os artigos analisados são descritos sinteticamente. Estes foram organizados em ordem cronológica destes estudos, em cada uma das categorias de classificação. Além disso, também é descrito sucintamente como é apresentado às pesquisas de Bohr, por exemplo, em uma aula de uma sequência didática, na análise de livros didáticos, em um episódio histórico, dentre outras formas.

2.4.3. Síntese dos artigos organizados de acordo com as categorias de classificação

Análise de livro didático

No que se refere à análise de livro didático, Araújo e Rodrigues (2001) fizeram uma comparação entre o curso de “Física Moderna” ministrado nos cursos de Licenciatura e Bacharelado em física e o de “Mecânica Quântica” ministrada apenas nos cursos de Bacharelado em física. Esta comparação ocorreu a partir da análise dos livros textos adotados nos cursos. Entre os conteúdos abordados em ambas as disciplinas estão o modelo atômico de Bohr e seus postulados sobre a mecânica quântica. Os autores concluíram que os conteúdos dos dois cursos são praticamente os mesmos, entretanto, eles afirmam que o curso de “Física Moderna” é uma introdução à “Mecânica Quântica”, que é um curso mais aprofundado do assunto.

Ramirez; Badillo e Miranda (2010) estudaram sobre a transposição dos modelos científicos para modelos didáticos, fazendo uma comparação entre o modelo atômico de Bohr indicado em textos históricos e aquele presente nos livros didáticos de química. Selecionaram um total de 10 livros sugeridos na formação inicial de professores e sete livros para o EM utilizados na Colômbia. Os resultados obtidos na pesquisa despontaram uma clara diferença entre a proposta de Bohr (1913) e a transposição do seu modelo.

Gomes e Pietrocola (2011) analisaram literatura primária e alguns fatos da HC sobre o experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron, discutindo sobre as modificações sofridas por esse conteúdo até a forma como é apresentado nos livros didáticos utilizados nos cursos de graduação em física e engenharias. Os autores introduzem um pouco de Bohr no episódio histórico, dissertando um pouco sobre o seu modelo atômico, aperfeiçoado por Sommerfeld, e sobre os desafios de descrever corretamente o espectro discreto do átomo de hidrogênio.

Dominguini (2012) fez uma análise dos livros didáticos disponibilizados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) para o EM e teve como objetivo localizar a opinião dos autores dessas obras sobre a inserção da FMC no EM. As pesquisas de Niels Bohr estão presentes em alguns dos livros didáticos analisados pelo autor.

Artuso e Hussein (2014) apresentaram uma análise de conteúdo em cinco livros do PNLD, sobre a abordagem dos modelos atômicos (clássico, semi-quântico ou quântico). No artigo o modelo atômico de Bohr é classificado como semi-quântico (quantização do momento angular) e está presente em todos os livros didáticos analisados pelos autores, entretanto, muitos livros acabam classificando o modelo de Bohr como quântico.

Aplicação de proposta de ensino

No que se refere à aplicação de proposta de ensino, Pinto e Zanetic (1999) implementaram um minicurso em duas classes do segundo ano do EM, na cidade de Guarulhos (São Paulo), sobre a inserção da física quântica utilizando como referencial filosófico a noção de Perfil Epistemológico de Bachelard. Em uma das aulas, os autores discutiram três interpretações da mecânica quântica, dentre elas a elaborada por Bohr (Princípio da Complementaridade).

Trindade; Fiolhais e Gil (2005) estudaram o efeito de um simulador virtual (3-D) na visualização e compreensão dos estudantes do primeiro ano dos cursos de Ciências e de Engenharias da Universidade de Coimbra (Portugal) sobre os orbitais do átomo de hidrogênio. Um dos resultados obtidos pelos autores é que boa parte dos estudantes tinham como concepção inicial o modelo planetário e, após o uso do software, esses reconheceram que os elétrons não se movem em nenhum sentido clássico. Como o tema deste artigo é os orbitais do átomo de hidrogênio, foi tratado o modelo atômico de Bohr do ponto de vista histórico e algumas concepções espontâneas dos estudantes acerca deste modelo.

Carriazo; Molina e Teherán (2007) apresentaram uma breve revisão crítica do trabalho de Henry G. Moseley (lei periódica), além disso, elaboraram, aplicaram e avaliaram uma atividade construtivista, para ensinar a lei periódica de Moseley para 51 estudantes do curso de “Ciências dos Materiais” da Universidad Nacional de Colombia (Bogotá). No decorrer do artigo os autores fizeram uma breve discussão sobre os fundamentos da lei periódica atual e sua relação com o modelo atômico de Bohr.

Moreira; Massoni e Ostermann (2007) descreveram a aplicação de uma disciplina de história e epistemologia da física no currículo de formação de professores de física e também realizaram uma análise quantitativa das mudanças de concepções dos estudantes sobre a NDC. Dentre as estratégias de ensino, um dos trabalhos pedidos foi uma monografia e dentre os temas estava a física de Bohr.

Ostermann; Prado e Ricci (2008) analisaram a evolução conceitual de catorze professores de EM e obtiveram como resultados a elaboração de um questionário sobre conceitos de física quântica, construção e avaliação de uma unidade didática baseada em experimentos virtuais e o desenvolvimento de um software livre sobre o interferômetro de Mach-Zehnder. Em uma das aulas abordaram as interpretações da mecânica quântica, e dentre elas estava o princípio da complementaridade associado a Bohr.

Leandro Silva e Terrazan (2008) desenvolveram atividades didáticas baseadas em analogias, para o ensino dos modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr, e aplicaram em quatro turmas de EM, nas aulas de física.

Ferry e Nagem (2009) elaboraram e aplicaram uma atividade lúdica (júri simulado) como estratégia didática para o ensino de conceitos e ideias associadas à teoria atômica de Bohr, para estudantes do terceiro ano de uma escola particular de Belo Horizonte (Minas Gerais). O debate foi sobre o uso de analogia e contra analogia sobre este modelo atômico.

Neto; Freire Jr. e José Silva (2009) investigaram a aprendizagem de um grupo de alunos do terceiro ano do EM que participaram de um minicurso sobre o aspecto preditivo da mecânica quântica, enfatizando o caráter probabilístico, tomando por base a interpretação da complementaridade, de Bohr. Foram realizadas entrevistas com os estudantes que participaram da proposta didática. Um dos tópicos abordados no curso foi o átomo de Bohr.

Morais e Guerra (2013) apresentaram uma pesquisa que norteou a construção, aplicação e avaliação de um projeto pedagógico sobre inserção de temas da FMC no estudo de energia, na primeira série do EM, utilizando uma abordagem da HC. Em uma das aulas

denominada “O que o átomo tem a ver com energia” realizaram uma discussão em torno dos modelos atômicos, dentre eles o de Bohr, sobre a questão da quantização da energia.

Giovanna Silva e colaboradores (2014) implementaram uma oficina temática de conceitos relacionados ao modelo atômico de Bohr e os estudos dos espectros, em uma turma de primeiro ano do EM da cidade de Santa Maria (Rio Grande do Sul). A pesquisa teve um caráter qualitativo e investigou a aprendizagem dos estudantes participantes da oficina.

Hebert Silva e Moraes (2015) aplicaram uma sequência didática, visando à inserção da FMC no EM, utilizando uma abordagem histórico-filosófica no terceiro ano, e tiveram como tema a espectroscopia. Como resultado os autores apontaram que o estudo da espectroscopia nas aulas de física auxilia em questões importantes no estudo dos modelos atômicos desenvolvidos nas aulas de química. Nas duas últimas aulas, os autores abordaram o modelo atômico de Bohr e seus postulados.

Biazus e Rosa (2016) desenvolveram e aplicaram uma sequência didática abordando tópicos de FMC no EM, adotando como suporte teórico a teoria sociointeracionista de Vygotsky. Um dos conteúdos abordados na sequência tratou-se do modelo atômico de Bohr, para explicar a estabilidade do átomo.

Moura e Guerra (2016a) implementaram um estudo de caso no EM, na disciplina de química, buscando promover discussões sobre o processo de construção da ciência por meio de uma abordagem histórico-filosófica sobre os modelos atômicos propostos na virada do século XIX para o século XX. A discussão sobre o modelo de Bohr é abordada na investigação teórica em fontes primárias e secundárias de história dos modelos atômicos e também está presente na sequência didática aplicada em sala de aula.

Moura e Guerra (2016c) analisaram o caso de uma sequência didática sobre modelos atômicos (dentre eles o modelo de Bohr) em uma disciplina de química, e mostraram principalmente os conflitos que surgiram entre a abordagem histórico-filosófica criada e a versão histórica do livro didático e do currículo utilizado na escola de aplicação.

Avaliação de material e/ou proposta didática

Com relação à avaliação de material e/ou proposta didática, Peduzzi e Basso (2005) desenvolveram e avaliaram um texto didático sobre o átomo de Bohr, com base no estudo de Lakatos, utilizando uma abordagem histórico-filosófica da relatividade restrita. A proposta

didática dos autores apresenta uma alternativa não empirista sobre o tema, diferente da epistemologia presente nos livros didáticos.

Monteiro; Nardi e Filho (2009) tiveram o objetivo de avaliar uma proposta de introdução da FMC no EM, investigando os discursos de cinco professores de física de um município da região nordeste, visando compreender as possibilidades de esses professores introduzirem esse tema em suas aulas e constataram que apesar desses professores saberem a relevância da introdução deste no nível médio, eles não encaram este desafio. Os trabalhos de Bohr aparecem como exemplo de proposta para a inserção da FMC e também é abordado falando sobre a Interpretação de Copenhague da Mecânica Quântica, da qual Bohr é um dos autores.

Ferreira e Peduzzi (2014) esboçaram um panorama geral da história da química no ensino brasileiro e avaliaram as potencialidades do texto, elaborado por eles, denominado “Atomismo: um resgate histórico”, junto a especialistas (acadêmicos envolvidos com o ensino de química e com familiaridade com a história e epistemologia da ciência). Para avaliação desse texto, os autores elaboraram questionários constituídos por seis perguntas abertas (dissertativas).

Concepções de alunos sobre o tema

Já em relação à categoria “concepções de alunos sobre um determinado tema”, Montenegro e Pessoa Jr. (2002) investigaram as interpretações “privadas” que estudantes de mecânica quântica desenvolveram sobre essa teoria. O instrumento utilizado pelos autores foi o uso de questionários contendo questões abertas e fechadas e eles aplicaram em cinco turmas de graduação e em três turmas de pós-graduação. Os trabalhos de Bohr no artigo estão relacionados às interpretações do estado quântico e princípio de incerteza (temas do questionário aplicado pelos autores).

Souza; Justi e Ferreira (2006) fizeram uma pesquisa com estudantes do EM, com o tema modelos atômicos a partir do uso de analogias usadas para apresentá-los e explicá-los. Os autores realizaram uma delimitação do estudo, selecionando apenas os modelos propostos por Thomson e Bohr. Esse trabalho teve como objetivo visar as contribuições e as limitações na utilização de analogias no processo de ensino e aprendizagem, e com isso os autores analisaram as concepções dos alunos acerca do tema. Os dados foram coletados a partir da aplicação de um questionário.

Castro e Silva (2012) apresentaram uma pesquisa com alunos do primeiro ano do EM, de três instituições de ensino, sobre como os alunos estão concebendo as teorias atômicas e a ideia de modelo atômico. Para avaliar as concepções dos estudantes, os autores aplicaram um questionário contendo questões discursivas. Em uma das questões, os autores buscaram saber se os alunos possuíam ciência da história e evolução dos modelos atômicos, além de analisar se os alunos tinham consciência de “modelo” e de “átomo”, e uma das ideias de átomo apresentada por boa parte dos alunos de uma das instituições era o de Bohr.

Estratégias didáticas

No que se refere a estratégias didáticas, Guridi e Arriassecq (2004) esboçaram uma proposta didática utilizando uma abordagem histórico-filosófica no ensino de física e química, no primeiro ano Polimodal. Os modelos atômicos (dentre eles o de Bohr) e elementos da HC foram os conteúdos abordados pelos autores nesta proposta didática.

Andrade; Nascimento e Germano (2007) fizeram uma proposta buscando uma aproximação entre a ciência e arte, mostrando as influências da FMC na obra de Salvador Dalí. Em sua análise os autores associam algumas obras de Dalí aos conceitos de átomos ou moléculas e conceitos importantes da mecânica quântica, como a dualidade onda-partícula que pode ser entendida pelo princípio da complementaridade, de Bohr.

Silva; Nardi e Laburú (2008) desenvolveram uma estratégia para o ensino de física que inclui a RRD com visão filosófica inspirada em Lakatos. Com relação ao conceito de reconstrução da HC, e dentre as citações está o programa de Bohr.

Barros; Assis e Langhi (2016) utilizaram, como estratégia de ensino, atividades experimentais, por meio da construção de um espectroscópio de baixo custo, para o ensino de astronomia em sala de aula. As contribuições das pesquisas de Bohr no artigo são em relação aos espectros e à estrutura atômica da matéria, em particular o caso do átomo de hidrogênio e as limitações do modelo de Bohr.

Pesquisa básica

Com relação à pesquisa básica, Kleppner (2004) fez uma releitura do artigo de Einstein citado acima, sobre a teoria quântica da radiação e descrevendo um pouco sobre os outros conceitos presentes na teoria. No decorrer do texto o autor cita o uso da hipótese de

Bohr sobre os estados estacionários ao descrever o átomo de hidrogênio por Einstein em sua teoria da radiação.

Ostermann, Prado e Ricci (2005) analisaram o fenômeno da interferência quântica no interferômetro virtual de Mach-Zehnder, que é um arranjo experimental análogo ao experimento das duas fendas, contudo, mais simples, sob a luz das principais escolas de interpretação da mecânica quântica. Uma dessas é a Interpretação de Complementaridade ou Escola de Copenhague: dualista positivista, elaborada por Bohr em 1928 e defendida por Heisenberg e Dirac.

Em uma edição especial sobre os trabalhos de Einstein, um dos artigos apresenta uma tradução do artigo de Einstein de 1917, na publicação, sobre a teoria quântica da radiação Einstein cita uma das hipóteses de Bohr para o espectro no decorrer do texto, sobre os estados estacionários.

Cabrera; Quiroga e Naizaque (2009) mostraram algumas representações do constituinte básico da matéria, mostrando desde as concepções da mecânica clássica até a mecânica quântica. Dentre as concepções abordadas está a do átomo de Bohr.

Parente; Santos e Tort (2013) revisaram alguns aspectos do modelo atômico de Bohr e sua relevância pedagógica em comemoração aos 100 anos do átomo de Bohr, e também apontam as limitações desse modelo.

Parente; Santos e Tort (2014) descreveram um pouco o átomo de Bohr e sua associação com a quantização da energia, e os autores apontam a importância de uma discussão do modelo de Bohr no EM.

Textos de história das ciências

No que se refere a textos de HC, Pleitz (2003) apresentou uma resenha do livro “Bohr: O Arquiteto do Átomo” escrito por M. C. Abdalla. Com a leitura desta, pode-se notar que o livro retrata um pouco dos trabalhos desenvolvidos por Bohr – modelo atômico, um pouco sobre a mecânica quântica de Bohr e a relação desta com as forças nucleares, além de dar ênfase a outros aspectos da vida de Bohr e o contexto do qual estava inserido.

Beltrán e Fernández (2003) fizeram uma análise sobre o modelo atômico de Rutherford a partir de uma perspectiva histórico-epistemológico, mostrando os problemas relacionados ao seu modelo, e também apresentam a proposta de Bohr para o átomo.

Filho (2003) escreve um texto mostrando que é possível progredir, a partir de fundamentos inconsistentes. Nesse contexto, o autor analisa o exemplo da teoria de átomo de hidrogênio de Bohr proposta em 1913, mostrando alguns elementos presentes nesta teoria.

Silveira e Peduzzi (2006) examinaram o papel da experimentação em três episódios de descoberta científica – a física de Galileu; a teoria da relatividade e o modelo atômico de Bohr (espectro de emissão atômica). No decorrer dos episódios vimos que os experimentos, observações e resultados de medidas são importantes para a construção do conhecimento científico, contudo, a relação empírica com a teoria é bastante complexa.

Paulo e Moreira (2011) discutem a questão da linguagem e captação da mecânica quântica como uma questão relevante para a inserção de conceitos fundamentais no EM. Os autores discutem essa questão do ponto de vista epistemológico de Popper e Bachelard. Tratam também sobre a Interpretação de Copenhague.

Cordeiro e Peduzzi (2011) apresentaram um estudo histórico no período inicial de desenvolvimento da radiatividade (1899-1913), capaz de subsidiar discussões relativas à NDC e aspectos do trabalho científico. Com esse texto, os autores esperam contribuir para uma formação mais crítica e atual para os futuros docentes e cientistas. Ao longo do episódio os autores citam, em algumas partes, as contribuições de Bohr nos estudos da radioatividade, quando são mencionados os modelos atômicos.

Niaz (2012) teve o objetivo de rever algumas experiências importantes dos últimos cem anos, dentro de uma perspectiva crítica da HC. Um dos experimentos apresentados relaciona-se aos espectros dos elementos químicos, mostrando um pouco do trabalho de Bohr sobre o seu modelo e a estabilidade do átomo.

Freire Jr. (2015) apresentou um pouco da história sobre as mudanças que ocorreram nas pesquisas de fundamentos da mecânica quântica na segunda metade do século XX e examinou o conjunto de fatores (internos e externos) que condicionaram estas mudanças. Um dos temas discutidos pelo autor foi o Princípio da Complementaridade elaborado por Bohr.

Cordeiro e Peduzzi (2016) fizeram um estudo de caso histórico da descoberta da fissão nuclear e no estudo do episódio, os autores buscaram auxílio nas visões de ciências de Laudan e Helen Longino. No decorrer do texto histórico há menção dos trabalhos de Bohr sobre seu modelo nuclear.

Reis; Kiouranis e Silveira (2017) discutiram o conceito de átomo na perspectiva epistemológica de Bachelard, com o objetivo de gerar reflexões acerca da teoria atômica. Os

autores fazem uma análise epistemológica do átomo e dentre os modelos está o de Bohr, em seus estudos sobre o átomo de hidrogênio.

Tefen e Tefen (2017) apresentaram um delineamento histórico, enfatizando o contexto em volta do modelo atômico de Niels Bohr e também mostram as limitações desse modelo na interpretação do espectro do átomo de hélio. Os autores também apresentam uma proposta experimental que consiste na construção de um espectroscópio de baixo custo, além de trazerem uma problematização de alguns dados coletados pelo equipamento.

2.4.4. Algumas considerações

Observa-se que mais da metade das publicações aborda o modelo de Bohr para o átomo, e alguns desses artigos fazem referência aos estudos dos espectros, seja analisando o espectro do hidrogênio ou das limitações do modelo na interpretação do espectro do hélio, por exemplo. As outras publicações abordaram outras pesquisas de Bohr, como o princípio da complementaridade, a física de Bohr, dentre outros temas.

Outro dado importante é que boa parte dos artigos desta revisão utilizam uma abordagem histórico-filosófica (50%), seja elaborando um episódio histórico, estudo de caso histórico ou até mesmo como estratégia didática.

Com relação à formação de professores e o uso de uma abordagem histórico-filosófica, alguns artigos apresentam essas características. Moreira, Massoni e Ostermann (2007), descreveram a implementação de uma disciplina de história e epistemologia da física no currículo da formação de professores de físicas. Outras propostas, como de Cordeiro e Peduzzi (2016) e Tefen e Tefen (2017), trazem uma reflexão sobre a visão de ciência, e que nos cursos de formação de professores é necessário trazer discussões acerca da NDC e de sua história.

Apesar desses artigos encontrados, notamos que nos periódicos analisados neste levantamento bibliográfico, poucos trazem articulações entre a HC com a área de formação de professores de ciências (biologia, química e física). Isso reforça a necessidade de mais pesquisas envolvendo a formação de professores para os usos da HC na sala de aula.

3. O EPISÓDIO HISTÓRICO

A narrativa histórica apresentada abaixo foi utilizada na implementação da proposta didática desenvolvida e utilizada com os licenciandos. Em um primeiro momento, foi realizado um estudo historiográfico sobre a temática, para compor e fundamentar essa pesquisa. Esse estudo tinha em torno de sessenta páginas (60 pg.). Entretanto, para a implementação da proposta didática, que teve como público-alvo a formação inicial de professores de ciências (Física e Química), este texto inicial não foi utilizado na íntegra, precisou ser sintetizado, de acordo com os objetivos da proposta¹¹. Essa adaptação utilizou as ponderações adaptadas a partir de Forato (2009), e a aplicação dessa análise será apresentada no capítulo 3 desta dissertação.

Esse resultado do episódio histórico descrito a seguir já é o recorte adaptado, utilizado na implementação em sala de aula. Esse texto histórico, abaixo apresentado, foi parte de um artigo publicado na revista *Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)*¹².

3.1. Introdução

Reflexões sobre o desenvolvimento da ciência, a NDC ou sobre a prática científica vêm sendo consideradas fundamentais para a formação de estudantes de todas as áreas (ACEVEDO-DÍAZ; GARCÍA-CARMONA, 2016; MOURA, C.; GUERRA, 2016b), o que requer uma fundamentação dos professores para abordar tais conhecimentos (MOURA, B., 2012; OLIVEIRA; DRUMMOND, 2015). Segundo Schmiedecke e Porto (2014), uma estratégia de ensino adequada em cursos de formação inicial e continuada está associada à introdução explícita de aspectos da historiografia da ciência, proporcionando, assim, oportunidades para reflexões a respeito desta. Considerando, também, as várias dificuldades apontadas pela literatura para a inserção da HC no ensino, especificamente na formação de professores (MARTINS, A., 2007; 2015; FORATO, 2009; PORTO, 2010; HÖTTECKE; SILVA, 2011; MOURA, B., 2012; OLIVEIRA; DRUMMOND, 2015), elaboramos e

¹¹ O texto original de 60 páginas foi apresentado no relatório de qualificação. Por sugestão da banca, foram excluídos temas ligados à radiação do corpo negro e enfatizados os modelos de Nagaoka e Nicholson, pois além de serem menos conhecidos, esses trechos no texto estavam ressonantes com os objetivos da proposta. Para o refinamento nesta delimitação do recorte, excluindo alguns conteúdos e explorando potencialidades de outros foi utilizado o apoio de Forato (2009), como ficará explícito no capítulo 3.

¹² VASCONCELOS, S. S.; FORATO, T. C. M. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 851-887, dez. 2018. Disponível no link <<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n3p851>>. Acesso em 10/07/2019.

implementamos uma proposta pedagógica para um grupo de licenciandos de física e química, no primeiro semestre de 2018.

Um dos materiais de apoio foi um texto sobre um episódio histórico, elaborado especialmente para essa proposta e esse ambiente educacional, acerca das contribuições de Niels Bohr para o estudo da espectroscopia, no contexto de seus estudos sobre alguns modelos atômicos, no começo do século XX. Além dos benefícios advindos das abordagens históricas sobre a ciência para propor reflexões sobre a prática científica (JARDIM; GUERRA, 2017), esse tema possibilita inserir conteúdos de física e de química, do século XX, na formação inicial de professores. Ademais, segundo Martorano e Marcondes (2014, p. 89-90), “[...] a compreensão da natureza descontínua da matéria, como também o uso de um modelo corpuscular, são de fundamental importância para que os indivíduos compreendam e interpretem muitos fenômenos que ocorrem no mundo em que vivem”.

Essa abordagem busca, ainda, oferecer uma narrativa alternativa à comumente presente na formação de professores, priorizando as ideias do físico dinamarquês Niels Henrik David Bohr (1885-1962), conhecido pelos físicos e químicos como o proponente de um modelo atômico relevante para o desenvolvimento da mecânica quântica, ou química teórica. Em geral, as narrativas presentes nos livros textos (física e química) ou na divulgação científica reforçam a visão de uma HC linear, simplista, elitista, neutra, ingênua e produtora de provas irrefutáveis, mediante um único método científico universal (MOURA, C.; GUERRA, 2016a). Seguindo aquela trajetória popular, que fomenta concepções ingênuas sobre a ciência (LOPES, 2009), parte-se dos atomistas gregos, explicando as partículas indivisíveis de modo anacrônico, e se dá um salto de mais de 20 séculos para, então, expor as ideias sobre a constituição da matéria de John Dalton (1766-1844), e sobre o suposto pudim de Joseph John Thomson (1856-1940), refutado, posteriormente, pelo experimento de Ernest Rutherford (1871-1937). No ensino superior, além dessa descrição simplista e linear de precedentes, apenas alguns aspectos que contribuíram para o modelo de Bohr costumam ser enfatizados, como a teoria sobre o fenômeno da radiação de corpo negro, proposta pelo físico alemão Max Planck (1858-1947); alguns estudos dos espectros luminosos, que ofereceram contribuições ao conhecimento dos elementos químicos; e o experimento de Rutherford. Essas ideias, supostamente, são percebidas como suficientes para a compreensão do modelo atômico de Bohr, de 1913.

Entretanto, fontes contemporâneas da HC mostram que o desenvolvimento dos modelos atômicos foi bem mais complexo do que essas abordagens relatam (KRAGH, 2010).

Na discussão sobre a constituição da matéria, ao longo da HC, muitos episódios riquíssimos e complexos aspectos epistêmicos são ignorados, banalizados ou distorcidos (ALFONSO-GOLDFARB, 1993). Além disso, são omitidos inúmeros aspectos não epistêmicos, sociais, políticos, econômicos e psicológicos, incluindo valores pessoais dos cientistas e a sua criatividade, também peculiares aos respectivos contextos históricos (SCHMIEDECKE; PORTO, 2014).

Dessa forma, este texto pretende oferecer alguns subsídios para que o docente formador de professores possa promover reflexões críticas acerca do desenvolvimento da física e da química no início do século XX. Segundo Rosenfeld e Nielsen (1972), esse período teve frutíferos progressos nas explorações sobre/da natureza, desde a constituição do cosmos até os recessos mais íntimos da constituição da matéria. Busca-se trazer elementos conceituais, epistêmicos e sociais para promover reflexões raramente presentes no âmbito da formação de professores. Focalizamos, assim, alguns aspectos pouco explorados em materiais didáticos, buscando resgatar tanto o papel de relações pessoais de Bohr, quanto a importância do modelo saturniano de Hantaro Nagaoka (1865-1950), e as contribuições dos trabalhos de John William Nicholson (1881-1955) para o estabelecimento do seu modelo atômico, que também contribuiu para a elaboração do modelo atômico quântico (LOPES; MARTINS, R., 2009). Além disso, discutimos como Bohr, ao buscar suporte empírico nas fórmulas de Johann Balmer (1825-1898) e Johannes Rydberg (1854-1919) para o espectro do hidrogênio, desenvolveu uma teoria para explicar tais espectros.

3.2. Modelos atômicos

No século XIX, a teoria sobre os átomos e seus constituintes não era uma unanimidade entre os cientistas da época (PEDUZZI, 2015). Dentre os anos 1890 e 1913 (ano em que Niels Bohr propôs o seu modelo para o átomo), diversos outros modelos de constituição da matéria foram propostos. Eram poucas as tentativas de articular os estudos dos espectros de linha¹³ aos modelos de constituição da matéria e às discussões sobre a teoria de Planck, sobre a quantização da energia.

¹³ A sequência de cores formada quando a luz passa através de um prisma é chamada de espectro. A luz emitida por um gás incandescente, ao passar por um prisma, produz linhas brilhantes no espectro, de acordo com cada tipo de substância presente na amostra; se a luz que projetou esse espectro contínuo passar por um gás com temperaturas mais baixas, haverá a presença de linhas escuras (absorção) em seu espectro (PIROLO, 2010).

Diferentes explicações foram propostas para a estrutura da matéria ao longo da HC. No final do século XIX, predominavam duas concepções, que permeavam diferentes modelos e explicações: havia cientistas que a consideravam contínua, em oposição aos adeptos de uma visão particulada. Para aqueles que aceitavam a ideia de átomo como o menor constituinte da matéria, o desafio era representá-lo e compreender como era constituído. As discussões e debates entre os cientistas favoreceram o estabelecimento de propostas para a constituição da matéria.

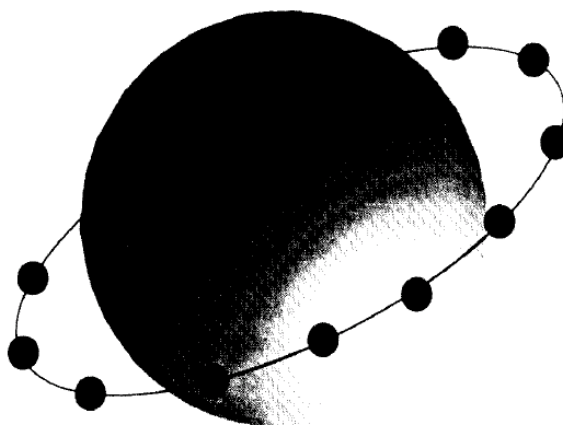
A noção do físico britânico Joseph John Thomson sobre como era a estrutura atômica foi mudando com o passar dos anos (HEILBRON, 1981), e ele apresentou diferentes concepções de átomo. Suas ideias iniciais parecem estar relacionadas a uma concepção contínua de matéria, pois ele se baseou no modelo do físico inglês John Dalton (THOMSON, 1937; LOPES; MARTINS, R., 2009). Em um de seus modelos, proposto em 1904, Thomson considerou que não havia espaço vazio no átomo, e os elétrons negativos circulavam em anéis coplanares dentro de uma esfera preenchida uniformemente com uma carga positiva (HEILBRON, 1981). Como não haveria espaços vazios, essa matéria em forma esférica com carga positiva seria algo sutil, que permitiria o deslocamento dos elétrons em seu interior. J. J. Thomson acreditava que os elétrons seriam feixes de partículas. Portanto, o átomo não seria estático, como apresentado nos livros textos com o uso da analogia do “pudim de passas”, comumente utilizada para descrever seu modelo (LOPES; MARTINS, R., 2009). Nessa analogia equivocada, as cargas elétricas estariam imóveis em uma “pasta” positiva, diferentemente do seu átomo dinâmico.

Além do modelo proposto por Thomson, que era diretor do Laboratório de Cambridge e gozava de prestígio na comunidade científica europeia, outra concepção para o átomo foi apresentada, em 1904, na mesma edição da *Philosophical Magazine*, pelo físico japonês Hantaro Nagaoka (1865-1950), graduou-se em física, cursou seu mestrado e seu doutorado na Universidade de Tóquio, com professores europeus (LOPES, 2009; PENNA, 2009; MOURA, C.; GUERRA, 2016a). Naquela ocasião, o modelo de Thomson teve maior aceitação na comunidade científica ocidental (LOPES, 2009).

No modelo de Nagaoka (Figura 1), o átomo seria formado por uma grande massa central, carregada positivamente, rodeada por anéis de elétrons (cargas negativas, que giravam em torno do centro, distribuídos em intervalos angulares iguais, repelindo-se uns aos outros) (LOPES, 2009). Diferentemente de Thomson, Nagaoka considerava que ao redor do grande núcleo haveria um espaço vazio, onde se deslocavam os elétrons, portanto, caracterizando

uma concepção de matéria descontínua. As atrações e repulsões entre eles eram explicadas de acordo com as leis de Coulomb. Ele usou um raciocínio semelhante ao modelo proposto por James Clerk Maxwell (1831-1879) para o movimento dos anéis de saturno (FIOLHAIS; RUIVO, 1996). Esse modelo de Nagaoka ficou conhecido como saturniano, pois esse átomo teria uma estrutura semelhante ao planeta Saturno, desse modo, haveria um núcleo central rodeado por elétrons, fazendo lembrar os anéis desse planeta (PENNA, 2009).

Figura 1 - Representação do modelo de átomo saturniano de Nagaoka.



Fonte: FIOLHAIS e RUIVO, 1996, p. 8.

Nagaoka tinha o propósito de tentar explicar os espectros de linhas e de bandas com o seu modelo saturniano, o que Thomson não conseguia; essa era uma qualidade do modelo de Nagaoka (FIOLHAIS; RUIVO, 1996). Um fato interessante é que o próprio Nagaoka sabia das limitações de seu modelo atômico nuclear, por exemplo, para explicar o problema da instabilidade do átomo. Tendo em vista a eletrodinâmica clássica, para permanecer em órbita, todo corpo em movimento circular realiza um movimento acelerado, porque a direção da velocidade está sempre variando com o tempo (SILVA, H., 2013). E, como toda carga elétrica acelerada emite (perde) energia continuamente, irradiando-a na forma de luz, o elétron em movimento ao redor do núcleo perde energia e acaba por “cair” no centro do átomo. Essa conjectura é hoje conhecida como “colapso do átomo”. A pergunta que emerge desse contexto é, então, a seguinte: somente essa instabilidade teria sido motivo suficiente para a comunidade científica ocidental privilegiar o modelo de Thomson, de 1904? (KOEHLER, 1995).

Nagaoka era um físico da Universidade de Tóquio e, apesar de suas outras contribuições para o campo da física¹⁴, além de ser um dos mais respeitados cientistas do

¹⁴ Por exemplo, Nagaoka contribuiu para os estudos sobre a propagação da radiação eletromagnética na atmosfera (PENNA, 2009, p. 12).

Japão, ele não era muito conhecido pela comunidade científica ocidental (PENNA, 2009). Ademais, Thomson tinha uma preocupação em construir um modelo de átomo “químico” estável. Seu desenvolvimento era necessário para o aprofundamento e a construção de modelos explicativos no campo da química, principalmente em áreas da físico-química e química orgânica e foi bastante utilizado na época (KRAGH, 2010). O problema do colapso do átomo, o pouco prestígio de Nagaoka frente ao reconhecimento de Thomson no Ocidente e o sucesso prático do seu modelo químico parecem ter sido alguns dos principais motivos para que o modelo saturniano fosse relegado até 1911... Tais ideias, de uma carga concentrada em uma região central e com elétrons girando em órbitas ao seu redor, viriam a ficar mais conhecidas a partir do modelo de Rutherford. Teria Nagaoka sido injustiçado pela história?

De maneira geral, o modelo proposto pelo físico neozelandês Ernest Rutherford aparece nos livros didáticos como o primeiro modelo atômico contendo um núcleo, ainda que o próprio Rutherford não tenha utilizado o termo “núcleo”. Entretanto, essa discussão/debate já existia antes de ele propor sua teoria, em 1911. Um dos alunos de Thomson, o matemático britânico George Adolphus Schott (1868-1937), elaborou os cálculos sobre o colapso do átomo para fundamentar as críticas aos modelos nucleares. Além de Nagaoka, o físico francês Jean Perrin (1870-1942) também apresentou um modelo planetário¹⁵, mas era uma proposta superficial (MOURA, C.; GUERRA, 2016a).

Nagaoka realizou uma viagem ao continente europeu para participar de duas conferências e visitar alguns centros de pesquisa, sendo um desses o coordenado pelo físico neozelandês Ernest Rutherford (PENNA, 2009). Parece que Nagaoka conversou com ele sobre sua teoria atômica. “Rutherford escreveu uma carta a Nagaoka negando ter sofrido influência de seu modelo para seu trabalho, pois ainda não teria analisado seu artigo enviado, apenas se lembrava de que Nagaoka teria escrito algo sobre o assunto” (LOPES, 2009, p. 73). Posteriormente, Rutherford citou o modelo saturniano de Nagaoka, em um artigo em 1911. No ano de 1908, esse modelo elaborado por Nagaoka havia desaparecido de cena após ser abandonado por ele próprio (LOPES, 2009).

Ernest Rutherford foi aluno de Thomson no laboratório de Cavendish na Universidade de Cambridge (MARQUES; CALUZI, 2005). Rutherford estudou a radioatividade e a física nuclear em sua carreira acadêmica, na Inglaterra e no tempo em que passou na Universidade de McGill (Canadá), desenvolvendo trabalhos sobre radioatividade com o químico inglês Frederick Soddy (1877-1956). Em 1907, retornou à Inglaterra, para

¹⁵ Para ver sobre o modelo planetário de Perrin veja Moura, C. (2014) e Kragh (2010).

ocupar a cátedra de Física na Universidade de Manchester e, no laboratório dessa instituição, foi responsável por um grupo de jovens estudantes: Hans Geiger (1882-1945), Henry Moseley (1887-1915), Charles Galton Darwin (1887-1962), James Chadwick (1891-1974), Ernest Marsden (1889-1970), Niels Bohr, Nevill Mott (1905-1996) e Thomas Royds (1884-1955) (PENNA, 2009), que desenvolveram novas ideias sobre a estrutura da matéria, no decorrer dos anos (MARQUES; CALUZI, 2005).

Rutherford, juntamente com o alemão Hans Geiger e o físico inglês Ernest Marsden, desenvolveu novos métodos que possibilitavam a contagem de partículas alfa, que ainda não era classificada como o núcleo de Hélio, mas sabia-se que era uma partícula de carga oposta ao elétron. Isso permitiu que eles desenvolvessem experimentos, entre os anos 1908 e 1910, sobre o comportamento e o espalhamento destas partículas quando atravessavam a matéria (LOPES, 2009). Nesses experimentos, diferentes materiais eram bombardeados com as radiações até então conhecidas como partículas alfa e beta.

Durante a realização dos experimentos, eles perceberam que, ao bombardear as lâminas metálicas com essas partículas alfa, algumas dessas sofriam grandes desvios (PENNA, 2009). Geiger e Marsden constataram que quanto maior o peso atômico do metal, maior o número de partículas alfa defletidas, e um número ainda maior de partículas voltavam na mesma direção de origem (SILVA, H., 2013). Ademais, a maioria das partículas atravessava o metal sem sofrer qualquer desvio. Considerando o modelo de Thomson, de 1904, não era possível explicar esse tipo de espalhamento das partículas alfa, pois sendo o átomo uma massa com distribuição homogênea de carga positiva, na qual elétrons se movimentariam em anéis concêntricos, sua região central teria uma carga próxima de zero. Como explicar o significativo desvio que as partículas alfa sofriam?

Além disso, tendo como pressuposto o modelo de Thomson de 1904, por que razão Rutherford e seus assistentes colocariam um anteparo circular ao redor do experimento? Se a ideia era estudar o que ocorria com as partículas que colidiam com a folha de ouro, ou outros materiais, por que o anteparo não era plano do lado oposto à fonte?

Nessa época, em 1909, cinco anos após a publicação dos modelos atômicos de Thomson e Nagaoka, a conjectura de que seria possível o átomo ter uma configuração planetária ou saturniana teria que ser considerada. Isso era favorecido pelo fato de a mecânica newtoniana conseguir explicar muito bem o movimento dos planetas do sistema solar, expresso pelas leis de Kepler, o que favorecia a adoção de uma analogia.

Segundo Penna (2009), foi a partir desses resultados que Rutherford teria iniciado a elaboração de um modelo atômico inspirado no sistema solar, no qual o Sol representaria a carga central e os planetas seriam os elétrons. Mas, considerando que Nagaoka visitou Rutherford em 1910, e que já havia publicado sobre o modelo saturniano em 1904, poderiam ter Rutherford e seus assistentes buscado investigar experimentalmente o modelo de Nagaoka?

É importante destacar que, antes dos experimentos realizados por Rutherford e seus alunos, Thomson já havia tentado encontrar uma relação entre o espalhamento de partículas carregadas e a estrutura do átomo (HEILBRON, 1977).

Se considerarmos o modelo de Nagaoka, a previsão da trajetória das partículas alfa seria bem diferente daqueles resultados experimentais obtidos pela equipe de Rutherford pois, considerando um grande núcleo de grande massa no centro do átomo, os desvios dessas partículas deveriam ser mais intensos do que os observados (LOPES, 2009).

Depois dessas considerações, como explicar os motivos que justificavam os grandes desvios com apenas algumas partículas? Rutherford concluiu: se a maioria das partículas conseguia atravessar a folha de ouro, era porque existiam espaços vazios na folha (SILVA, H., 2013). Dessa maneira, se a maioria atravessa a folha sem desvios e apenas algumas partículas sofriam pequenos ou grandes desvios, deveriam existir grandes espaços vazios e algo bastante denso e com mesma carga das partículas emitidas. Portanto, para Rutherford, os desvios eram devido à repulsão elétrica. Analisando a distribuição e os resultados desses desvios, ele propôs um novo modelo atômico, em 1911 (LOPES, 2009). Esse modelo apresenta o átomo como um sistema solar em miniatura, com elétrons girando com distribuição esférica uniforme, em órbitas circulares, ao redor do seu centro, onde haveria carga elétrica oposta. Ele não denomina tal região de núcleo (BASSO; PEDUZZI, 2003).

Podemos notar que esse modelo de Rutherford está mais próximo do modelo existente naquele contexto, o de Nagaoka, já visto anteriormente. Além disso, nesse artigo de 1911, Rutherford não define se a carga da região central seria positiva ou negativa, assim como as partículas (elétrons) que giravam em torno do centro do átomo. Ele apenas afirmou que as cargas teriam sinais opostos. Em conclusão, esse fato é bem diferente do que é apresentado em muitos textos que relatam esse modelo (LOPES, 2009).

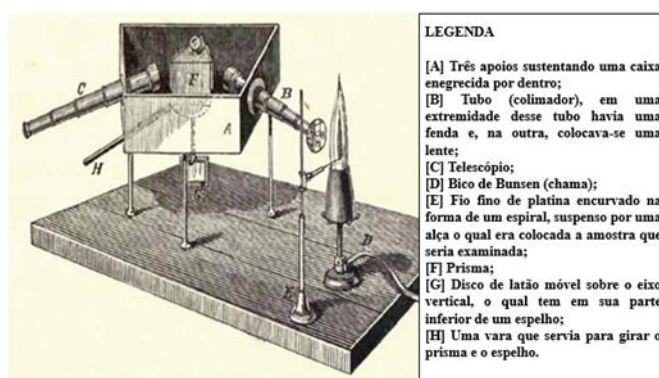
Apesar dos bons resultados em explicar os pequenos e grandes ângulos de deflexões das partículas alfa, o modelo de Rutherford, assim como o modelo saturniano de Nagaoka, também apresentou dificuldades quanto à estabilidade dos elétrons, tendo em vista a

eletrodinâmica clássica (BASSO; PEDUZZI, 2003). A questão da existência de um núcleo trouxe grandes discussões entre os cientistas da época sobre a estabilidade dos sistemas atômicos (PENNA, 2009), e a instabilidade dos modelos planetários despertava bastante interesse devido ao seu potencial explicativo (SILVEIRA; PEDUZZI, 2006). Por causa das limitações dos modelos planetários, a proposta de Thomson de 1904 foi uma das mais influentes do início do século XX, até o modelo proposto por Bohr, que viria a se tornar, segundo Kragh (2010), a primeira teoria bem-sucedida sobre a estrutura da matéria. Além de Thomson, Perrin, Nagaoka e Rutherford, outros cientistas propuseram diferentes modelos para a constituição da matéria (LOPES, 2009; KRAGH, 2010).

3.3. Contribuições da espectroscopia para um novo olhar para o átomo

Mesmo com essa diversidade de modelos para o átomo, outra questão ficava em aberto, pois nenhuma dessas teorias conseguia explicar por que, nos espectroscópios (Figura 2), surgiam linhas espectrais diferentes para cada material observado; afinal, o que representavam aquelas linhas? Para entendermos essa situação, vamos voltar um pouco no tempo.

Figura 2 - Espectroscópio utilizado pelo químico alemão Robert Bunsen (1811-1899).



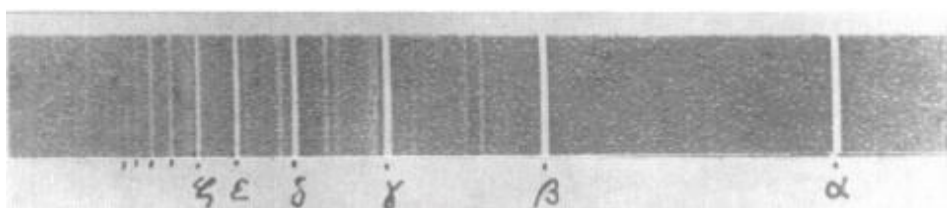
Fonte: ROSCOE, 1885, p. 59, legenda própria.

Isaac Newton (1643-1727) havia contribuído para o desenvolvimento dos espectroscópios, com base em seus estudos sobre a natureza da luz (NEWTON, [1704] 1952). A partir da década de 1850, Gustav Kirchhoff (1824-1887) e Robert Bunsen (1811-1899) desenvolveram espectroscópios especificamente para o estudo da constituição da matéria. Eles aqueciam diferentes materiais na chama do bico de Bunsen que, observados pelo espectroscópio, apresentavam diferentes combinações de linhas coloridas projetadas em um

anteparo, que, posteriormente, receberam o nome de espectros e foram associados a cada elemento químico (Figura 2). Isso permitiu a detecção de novos elementos químicos, por eles e por outros cientistas, por exemplo, William Crookes (1832-1919), Ferdinand Reich (1799-1882), Hieronymous Richter (1824-1898), Paul-Émile Lecoq de Boisbaudran (1838-1912), dentre outros (DEKOSKY, 1973). Apesar de não explicarem a causa dos espectros, ou seja, que modelo de constituição da matéria explicaria tal fenômeno, vários cientistas buscaram estabelecer relações matemáticas que permitissem descrever um padrão de comportamento das linhas observadas, a partir da distância entre elas.

No final do século XIX e início do século XX, o espectro de emissão do hidrogênio (Figura 3) foi objeto de inúmeros estudos, por ser o mais simples (SILVEIRA; PEDUZZI, 2006). Balmer, em 1885, depois de tentar combinar os dados experimentais nos mais variados arranjos numéricos, mostrou a regularidade dos comprimentos de onda das linhas visíveis do espectro do hidrogênio. Após a proposta de Balmer, outros físicos e matemáticos deram contribuições ao estudo dos espectros, e criaram as séries espectrais¹⁶, como o físico sueco Rydberg; Heinrich Kayser (1853-1940), Carl Runge (1856-1927); Alfred Fowler (1868-1940), Walter Ritz (1878-1909), Theodore Lyman (1874-1954), Louis Paschen (1865-1947), dentre outros (PEDUZZI, 2015; LOPES, 2009). Tais estudos contribuíram para os estudos sobre a radiação de corpo negro e sobre a constituição da matéria.

Figura 3 – Espectro de emissão do Hidrogênio (visível).



Fonte: DINGLE, 1963, p.202.

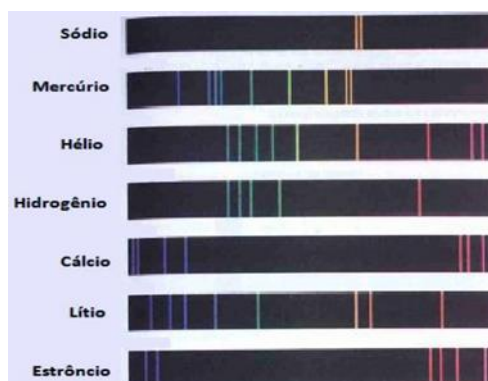
Apesar desses estudos, até 1911, os modelos atômicos não explicavam a ocorrência desses espectros. A figura 4 mostra os espectros de emissão de alguns elementos químicos. No mesmo ano em que Rutherford divulgou o seu modelo (1911), o astrofísico inglês John William Nicholson (1881-1955)¹⁷ também publicou sua proposta de constituição da matéria.

¹⁶ As séries espectrais são fórmulas empíricas elaboradas para explicar a posição das linhas espectrais presentes nos espectros dos elementos químicos.

¹⁷ “[Nicholson] nasceu em Darlington, foi um grande matemático e desenvolveu investigações no campo da física e astroquímica. Estudou em Manchester de 1898 a 1901, depois seguiu para o Trinity College em Cambridge, onde obteve doutorado em Matemática e também atuou no laboratório Cavendish, concomitante com a estada de Bohr no mesmo laboratório em Cambridge, e depois na Queen’s University em Belfast. Em

Podemos fazer o seguinte questionamento: será que esses novos modelos possibilitaram explicar os espectros de linha e as séries espectrais?

Figura 4 - Espectros de emissão de alguns elementos químicos.



Fonte: LEITE; PRADO, 2012, p. 2504-4.

Nicholson desenvolveu trabalhos em diversos temas como: ondas eletromagnéticas, eletromagnetismo, som, raios-X, espectroscopia e modelos atômicos (LOPES, 2009). No período de 1911 a 1917, ele dedicou-se aos estudos da espectroscopia e à teoria atômica. Em 1911, iniciou uma série de publicações sobre os espectros da coroa solar e das nebulosas, e sobre a sua teoria sobre a constituição da matéria (LOPES; MARTINS, R., 2007). Enquanto alguns cientistas realizavam experimentos em seus laboratórios, Nicholson buscou inspiração e dados a partir da observação dos corpos celestes, com o uso de espectroscópios acoplados ao telescópio. Ele propôs o seu modelo atômico nuclear que, num primeiro momento, era baseado na física clássica e, posteriormente, adotou explicações que viriam a ser incorporadas à teoria quântica (LOPES; MARTINS, R., 2007). Apesar de não ser mencionado em materiais didáticos, seu modelo atômico trouxe acréscimos à proposta de Rutherford. Para ele, os átomos – formados por um núcleo positivo rodeado por anéis onde estariam os elétrons em movimento circular – comporiam elementos presentes nesses corpos celestes (PENNA, 2009).

Em uma das publicações de 1911, Nicholson enfatiza a importância dos trabalhos de Thomson no desenvolvimento do seu modelo atômico, como podemos observar:

[...] a eletricidade positiva existe em unidades muito pequenas, de raio muito pequeno se comparado com o [da região onde estão] dos elétrons, e é a fonte de quase toda a massa do átomo. O sistema rotativo é, portanto, planetário, sendo notável que Rutherford, em um artigo recente, tenha concluído que o sistema planetário é o mais provável, a partir da evidência fornecida pelos experimentos de espalhamento. Mas, embora o tamanho das unidades positivas seja tão diferente, a

1912 assumiu como professor de Matemática na Universidade de Londres – King's College.” (LOPES; MARTINS, R., 2007, p. 4).

concepção de Thomson sobre a distribuição uniforme do volume é essencial para os cálculos da teoria atômica atual (NICHOLSON, 1911, p. 865-866, tradução livre).

Podemos notar que Nicholson faz referência aos experimentos realizados por Rutherford e seus alunos sobre o espalhamento de partículas alfa, e que o modelo planetário seria o ideal para representar o átomo. Nicholson adotou como referência o modelo de Thomson, mas seu modelo nuclear¹⁸ estava mais próximo das ideias propostas por Nagaoka (1904) do que das ideias de Rutherford (1911) (LOPES, 2009). Esse modelo de Nicholson poderia ser entendido como uma adaptação do modelo de Thomson, na qual a esfera de carga positiva foi encolhida até um tamanho bem menor que o raio da trajetória do elétron (McCORMMACH, 1966). Assim, podemos considerar o modelo de Nicholson como planetário, com uma carga positiva no centro, a qual ele chamou de núcleo, e com elétrons deslocando-se em órbitas ao seu redor (MOURA, C.; GUERRA, 2016a).

Em 1911, onze anos depois de Max Planck ter introduzido a ideia da quantização da energia, alguns ainda acreditavam que a teoria dos átomos não estava associada ao conceito de *quanta* (McCORMMACH, 1966). Contudo, em 1912, no segundo artigo sobre a coroa estelar, Nicholson cita as ideias de Planck e sugere que o momento angular do elétron só poderia assumir determinados valores (LOPES; MARTINS, R., 2007). O *quantum*, até aquele momento, estava associado à energia; entretanto, Nicholson introduziu a concepção de o momento angular ser quantizado e toda sua justificativa matemática baseava-se nas leis clássicas (McCORMMACH, 1966). Nesse mesmo ano, Nicholson definiu que essas mudanças discretas do momento angular seriam múltiplos inteiros de $h/2\pi$ (LOPES, 2009). Para Nicholson, o momento angular do átomo pode somente aumentar ou diminuir em valores discretos, quando os elétrons saem ou retornam (LOPES; MARTINS, R., 2007).

Segundo Lopes (2009), Nicholson foi o primeiro a usar o seu modelo para prever linhas espectrais de corpos celestes, antes de essas linhas serem efetivamente observadas. Posteriormente, outros cientistas encontraram em um espectro solar, obtido durante um eclipse solar, a linha prevista por Nicholson. Além disso, Nicholson acreditava que “as linhas dos espectros eram definidas pelo estado do átomo (neutro ou carregado), ou seja, para ele, o átomo era nuclear e cada distribuição eletrônica correspondia a uma emissão específica no espectro de raios dos átomos” (LOPES, 2009, p. 114).

¹⁸ Segundo Kragh (2010), Nicholson foi quem denominou de núcleo o centro do átomo, mas esse termo não é utilizado por Thomson, Nagaoka ou Rutherford.

Apesar de Nicholson ter associado as linhas espectrais a seu modelo de constituição da matéria, e ter citado a quantização de Planck para o momento angular do elétron antes de Bohr, ele é negligenciado em materiais didáticos.

Nicholson chegou a expressar o espectro na forma de uma série (empírica); entretanto, esta não era do tipo de Balmer, Rydberg, Kaiser ou Runge (McCORMMACH, 1966). Após as publicações de 1912, Nicholson aprofundou a discussão sobre os espectros do hidrogênio e do hélio (LOPES, 2009). Como veremos mais à frente, a partir desses trabalhos, ele estabeleceu um diálogo com as ideias de constituição da matéria de Niels Bohr.

3.4. Contexto dos estudos de Niels Bohr

Niels Henrik David Bohr nasceu em Copenhague (Dinamarca), onde construiu sua família e quase toda a sua carreira científica (ROSENFELD; NIELSEN, 1972). Era filho de Christian Bohr e Ellen Adler. Seu pai era professor de Fisiologia na Universidade de Copenhague e sua mãe pertencia a uma importante família judia de banqueiros e políticos da Dinamarca, que tinha modos claramente progressistas (PENNA, 2009). Eles tiveram mais dois filhos, além de Niels, que era o segundo filho, Jenny (primogênita) e o caçula Harald (ROSENFELD; NIELSEN, 1972).

Niels iniciou seus estudos acadêmicos na Universidade de Copenhague, graduou-se em física e, durante o curso, também estudou matemática, química e astronomia. Foi orientado pelo professor Christian Christiansen (1843-1917), um dos amigos próximos de seu pai (ROSENFELD; NIELSEN, 1972). Na mesma instituição, fez mestrado e doutorado, este último concluído no ano de 1911 e o tema de sua tese versou sobre a aplicação da teoria dos elétrons à explicação das propriedades físicas dos metais, um trabalho puramente teórico, no qual Niels teve problemas para o tratamento quantitativo adequado com a base da eletrodinâmica clássica (ROSENFELD, 1981 *apud* LOPES, 2009). Para ele, era fundamental uma ruptura com a física teórica clássica. Nas suas palavras: “posso assumir que existem forças na natureza de um tipo completamente diferente da mecânica usual” (HEILBRON; KUHN, 1969).

Depois de terminar sua formação em Copenhague, Niels Bohr mudou-se para Cambridge (Inglaterra), em agosto de 1911, com o objetivo de dar continuidade aos seus estudos sobre a teoria dos metais, sob a orientação de Thomson que, na época, era diretor do Laboratório de Cavendish (ROSENFELD; NIELSEN, 1972; PENNA, 2009). A escolha pela Universidade de Cambridge ocorreu por influência de seu pai, que tinha apreço às coisas

inglesas e, em particular, ao trabalho de Thomson (HEILBRON; KUHN, 1969). Apesar de ter sido amigável com Bohr em seu primeiro encontro, Thomson demonstrou desinteresse por seus trabalhos (HEILBRON, 1977), provavelmente pelas críticas que Bohr fez à teoria dos metais de Thomson. Segundo Heilbron e Kuhn (1969, p. 225), “Bohr poderia indicar os erros que ele havia descoberto, mas não conseguiu explicar seus argumentos”. Para esses autores, o idioma poderia explicar parte do problema de Bohr em se comunicar com Thomson. Apesar desse desapontamento, Bohr aproveitou seus três meses de estadia em Cambridge, aprendendo sobre as pesquisas que Thomson estava realizando (ROSENFELD; NIELSEN, 1972).

Bohr mudou-se para Manchester (Inglaterra), em março de 1912, para trabalhar com Rutherford (HOYER; 1981). O primeiro encontro entre os dois havia ocorrido em novembro de 1911, na casa do Professor James Lorrain Smith (1862-1931)¹⁹. Nesta época, Rutherford retornava da primeira “Conferência Solvay”, que ocorreu em Bruxelas (Bélgica), cujo tema pautou a conversa entre ambos e influenciou diretamente seus estudos²⁰ (HEILBRON; KUHN, 1969). De acordo com um dos assistentes de Niels, Léon Rosenfeld (1972), era difícil imaginar dois temperamentos mais diferentes do que os de Bohr e Rutherford; contudo, no primeiro contato, iniciou-se uma amizade que durou ao longo de suas vidas.

Foi durante os encontros com Rutherford que eles conversaram sobre a possibilidade de uma estadia de Bohr em Manchester (HEILBRON; KUHN, 1969). Ele não foi para Manchester para elaborar um novo modelo de constituição da matéria, e sim para realizar um curso experimental de radioatividade, de seis meses no laboratório de Rutherford, na Universidade Manchester (HEILBRON 1977; HOYER, 1981). Bohr desenvolveu seu estudo muito próximo a ele, que acompanhava pessoalmente os trabalhos de seus estudantes e assistentes. Teve a oportunidade de conhecer pesquisadores como o físico-químico húngaro George Hevesy (1885-1966), o físico-matemático inglês Charles Galton Darwin, Hans Geiger e Ernest Marsden, importantes interlocutores no decorrer da vida de Bohr (LOPES, 2009). Assim, para ele, era importante o contato com outras pessoas para o desenvolvimento de suas teorias, hipóteses e concepções. Durante toda sua carreira acadêmica, Bohr apurava as suas ideias a partir de longas discussões e debates com as pessoas próximas, como alguns

¹⁹ James Lorrain Smith foi aluno de Christian Bohr (pai de Bohr) na Universidade de Copenhague (ROSENFELD; NIELSEN, 1972).

²⁰ Esta conferência tinha como tema “A teoria da radiação e os quanta” e propiciou discussões sobre os trabalhos de Planck e Albert Einstein (1879-1955). Provavelmente muitos dos cientistas que participaram da conferência nunca tinham ouvido falar sobre a teoria quântica até aquele momento (SCHMIDT, 2008).

cientistas da época e seu irmão matemático Harald, com o qual manteve contato durante todo o tempo em que ficou na Inglaterra (HEILBRON, 1977).

Em 26 de julho de 1912, Bohr retornou à Dinamarca, onde foi nomeado professor assistente na Universidade de Copenhague (HOYER, 1981). Como veremos mais adiante, em Copenhague, Niels se dedicou ao problema da instabilidade do átomo de Rutherford perante a eletrodinâmica clássica, para, então, construir sua teoria sobre a constituição de átomos e moléculas (LOPES, 2009). Para o desenvolvimento de seu modelo atômico utilizou, também, os estudos provenientes do modelo de Rutherford, as pesquisas introdutórias de Max Planck e os trabalhos sobre as linhas espectrais, observadas a partir das análises espectroscópicas dos elementos químicos e os trabalhos sobre as séries espectrais. Além disso, outras inspirações parecem ter sido relevantes para concluir seu modelo.

3.5. Bohr, a espectroscopia e um modelo para o átomo

Em julho de 1913, teve início a publicação dos artigos que compõem a trilogia *On the constitution of atoms and molecules* de Bohr, na *Philosophical Magazine*, com a publicação da parte I, e posterior continuidade nos meses de setembro, com a publicação da parte II, e em novembro, com a publicação da parte III. Na primeira parte, Bohr apresentou a sua proposta para o átomo de hidrogênio. Já no segundo e terceiro artigos, Bohr ampliou as discussões para átomos com mais elétrons e a formação de moléculas e ligações entre os átomos (LOPES, 2009). Nas segunda e terceira partes, é possível observar um predomínio de explicações baseadas na física clássica, bem como uma forma bastante semelhante aos trabalhos de Thomson e à escola de Cambridge, vinculando sua teoria sobre a constituição de átomos e moléculas com as propriedades químicas, a formação de moléculas, o arranjo periódico dos elementos químicos e as ligações covalentes (LOPES, 2009). Portanto, durante a construção de sua teoria sobre átomos e moléculas, é possível observar as influências das pesquisas anteriores nos estudos de Bohr, dos tempos em que ele trabalhou com Thomson (vinculação das propriedades químicas) e Rutherford (os estudos da radioatividade) e o predomínio das explicações da física clássica, dentre outras. De acordo com Kragh (2012), a parte relacionada às propriedades químicas da matéria era um estudo bem ambicioso da teoria de Bohr, de 1913. Além desses temas citados acima, o segundo e o terceiro artigos também envolviam questões sobre óptica e magnetismo.

Como vimos, Bohr foi para a Inglaterra com o objetivo de dar continuidade à sua teoria sobre os metais, sob orientação de Thomson. Entretanto, essa parceria não deu muito certo, o que parece ter levado Bohr a procurar Rutherford. Assim, sua ida para um novo laboratório em Manchester acabou por levá-lo ao estudo do átomo. Nesse momento, Bohr, assim como outros cientistas da época, buscava uma solução para o colapso do átomo e um modelo para a constituição da matéria. Havia ainda outros debates no período, por exemplo, se a matéria era contínua ou discreta, se haveria ou não espaços vazios em seu interior (GUERRA; BRAGA; REIS, 2005), se era possível adotar entidades hipotéticas na elaboração de hipóteses (MARTINS, R., 2006). Essas novas pesquisas levariam Bohr a articular estudos de Rutherford, Nicholson e Planck, a outros resultados empíricos e matemáticos do período.

Bohr, no primeiro artigo de sua trilogia, deixa clara a escolha pelo modelo de Rutherford frente ao modelo de Thomson de 1904, apesar das semelhanças com os trabalhos desse último. O modelo proposto por Rutherford não tinha atraído muita atenção da comunidade científica até então, mas passou a ser mais estudado após a publicação do modelo atômico de Bohr, que o utilizou como ponto de partida para seu modelo nuclear (HEILBRON, 1981).

Como veremos a seguir, Bohr relacionou, ainda, os espectros de linha e as séries espectrais de Balmer, Rydberg, Lyman e Paschen à quantização de Planck e ao átomo planetário de Rutherford. Vários pensadores, alguns pouco conhecidos, e diferentes resultados contribuíram para o modelo de Bohr em um cenário bem mais complexo do que os trazidos pelos livros didáticos. Vejamos um pouco desses elementos.

O interesse pelo modelo de Rutherford, por parte de Bohr, pode ter ocorrido quando ele refletia a respeito dos estudos teóricos feitos pelo físico-matemático de Cambridge, Charles Galton Darwin, do grupo de Rutherford, sobre absorção de partículas alfa durante o seu tempo em Manchester, em 1911 (HEILBRON, 1981). C. G. Darwin, utilizando como base o modelo atômico de Rutherford, assumiu que as partículas alfa perdiam energia somente quando penetravam o átomo (HOYER, 1981). O fato de o modelo atômico de Rutherford ser instável, de acordo com as leis da física clássica, era adequado para o desenvolvimento das ideias de Bohr (LOPES, 2009), pois, como vimos anteriormente, em sua pesquisa de doutorado sobre a eletrodinâmica dos metais, já considerava que a física clássica não conseguia explicar certos fenômenos da natureza. Segundo Kragh (2012), o fato de ele já questionar a física clássica pode tê-lo preparado para entender o átomo de uma maneira um pouco diferente de seus contemporâneos.

Para tentar contornar o problema da instabilidade, o colapso do átomo, Bohr utilizou a ideia da quantização da energia proposta por Planck, treze anos antes, em 1900, ainda que essa ideia fosse controversa entre os cientistas da época (SILVA, 2013):

[...] a eletrodinâmica clássica não consegue descrever o comportamento de sistemas de dimensões atômicas. Seja qual for a alteração nas leis do movimento dos elétrons, parece necessário introduzir, nessas leis em questão, uma quantidade alheia à eletrodinâmica clássica, a constante de Planck, ou quantum elementar de ação (BOHR, 1913a, p. 2, tradução livre).

Por conseguinte, para Bohr, a física clássica somente seria incapaz de lidar com os fenômenos atômicos, deixando claro que, para compreender a estrutura atômica, era necessário tomar como base princípios não clássicos (KRAGH, 2012). Planck, em 1900, estava buscando explicar a curva obtida a partir dos experimentos sobre a radiação do corpo negro. Os modelos vigentes até então, considerando a matéria como contínua, não explicavam a curva experimental. Planck, mesmo sem um modelo teórico que justificasse sua proposta, utilizou um artifício matemático e propôs que a energia era absorvida ou emitida de forma descontínua, em forma de pacotes de energia, os quais ele denominou *quanta* – plural de *quantum* (PENNA, 2009). Bohr contornou o problema da instabilidade presente no modelo planetário de Rutherford propondo que o elétron só poderia ocupar determinadas órbitas ao redor do núcleo do átomo e que a transição de uma órbita para outra obedecia à diferença entre os valores de energia associada ao movimento do elétron em cada órbita. De acordo com a teoria de Planck, agregou a ideia de que essa energia só poderia assumir determinados valores.

Recordando, Thomson, em seu modelo de 1904, defendia que, no átomo, os elétrons circulam em anéis coplanares dentro de uma esfera de carga positiva preenchida uniformemente. Na proposta de Nagaoka, de 1904, o átomo seria formado por uma grande massa central carregada positivamente, rodeada por anéis de elétrons. Diferentemente desse último modelo, Rutherford, em 1911, propôs que o átomo teria distribuições esféricas uniformes de elétrons, girando em órbitas circulares ao redor de um pequeno centro com carga elétrica oposta.

É importante salientar que a percepção física de que a constituição dos átomos e moléculas seria governada pelo *quantum* de ação (a constante de Planck) não foi ideia exclusiva de Bohr, pois já havia trabalhos anteriores que utilizavam as ideias de quantização de Planck. O próprio Bohr cita em sua trilogia alguns exemplos, como Albert Einstein e o físico tcheco Arthur Hass (1884-1941) (BOHR, 1913a). Além disso, cabe ressaltar que

Nicholson construiu sua teoria sobre a constituição da matéria utilizando um modelo nuclear e as ideias da teoria quântica de Planck, antes de Bohr, como vimos anteriormente (PENNA, 2009). O objetivo de Bohr era construir as bases de sua teoria para o átomo, ao tentar a articulação das ideias introduzidas por Planck e o movimento dos elétrons ao modelo atômico de Rutherford, com o intuito de solucionar o problema da instabilidade desse modelo. Deste modo, a teoria de Bohr, contrariamente à narrativa hegemônica, não começou com um problema empírico, e sim com um problema teórico, qual seja, o de dar sustentação à hipótese de Rutherford sobre o núcleo do átomo (SILVEIRA; PEDUZZI, 2006).

Além de oferecer uma solução para o problema da instabilidade do átomo, Bohr também articulou o seu modelo aos estudos da espectroscopia. Essa relação não era tradição na escola de Cambridge. Thomson, por exemplo, não havia considerado os estudos dos espectros em seus trabalhos. Tampouco tinham sido levados em consideração por Rutherford, ou mesmo por Bohr, até depois de seu retorno a Copenhague, em 1913 (HEILBRON, 1981). Contudo, ao publicar sua teoria sobre a constituição de átomos e moléculas, Bohr, em seu primeiro artigo da trilogia, fez um estudo detalhado sobre as linhas de emissão do espectro do hidrogênio. Por que será que Bohr decidiu incluir os estudos sobre a teoria espectral? Será que nesse período Bohr teve contato com trabalhos que relacionavam as linhas espectrais aos modelos de constituição da matéria?

A ideia do espectro de linhas do hidrogênio e, conseqüentemente, a fórmula de Balmer, parecem ter sido incluídas por Bohr de “última hora”, pois estas questões não aparecem em suas anotações anteriores (LOPES, 2009). Até 1912, Bohr já havia elaborado a sua teoria, baseando-se no modelo planetário de Rutherford e na quantização da energia de Planck, conforme o seu manuscrito enviado a Rutherford (ROSENFELD, 1981 *apud* LOPES, 2009). No final de 1912, Bohr dá indícios sobre o que o levaria a elaborar a sua teoria, relacionando suas conjecturas teóricas sobre os átomos aos estudos dos espectros (LOPES, 2009). Os trabalhos de Nicholson parecem ter sido importantes para o desenvolvimento da teoria sobre a constituição de átomos e moléculas de Bohr. Isso pode ser notado por meio das correspondências de Bohr, no tempo que ele ficou na Inglaterra, como é o caso do cartão de natal enviado para seu irmão Harald, no final de 1912:

P.S.: Embora não seja apropriado para um cartão de Natal, um de nós [Bohr e esposa assinam o cartão] gostaria de dizer que a teoria de Nicholson seja incompatível com a sua própria. Porque os últimos cálculos deveriam ser válidos para o estado final ou clássico dos átomos, enquanto Nicholson parece estar preocupado com átomos enquanto eles irradiam, isto é, enquanto os elétrons estão prestes a perder sua energia, antes de eles ocuparem suas posições finais. A emissão deve ocorrer, então, intermitentemente (há razões que parecem indicar isso), e

Nicholson deveria considerar os átomos enquanto ainda contém energia tão grande que eles emitem luz no espectro visível. Depois, luz é emitida no ultravioleta até que toda energia que pode ser emitida seja perdida (BOHR, 1912, *apud* HOYER, 1981, p. 108, tradução livre).

Outra correspondência – uma carta endereçada a Rutherford, em 31 de janeiro de 1913, três meses antes da publicação da trilogia – deixa evidente o interesse de Bohr pelos estudos de Nicholson sobre os espectros das nebulosas planetárias e a coroa solar. Nesta carta, ele comenta as diferenças entre a sua teoria e a de Nicholson:

Agora, está muito claro para mim, sobre os fundamentos das minhas considerações, e eu penso que entendo melhor agora a relação e a diferença entre meus cálculos e os cálculos como aqueles publicados em artigos recentes de Nicholson, sobre os espectros das nebulosas estelares e a coroa solar. [...] Em seus cálculos, Nicholson lida, como eu, com sistemas de mesma constituição, como seu modelo atômico; e ao determinar as dimensões e a energia dos sistemas, ele, como eu, busca uma fundamentação na relação entre a energia e a frequência sugerida pela teoria da radiação de Planck... (BOHR, 1913, *apud* HOYER, 1981, p. 108-109, tradução livre).

Bohr descreve nesta correspondência que a diferença entre a teoria de Nicholson e sua própria é que Nicholson preocupava-se “essencialmente com os espectros e a formação dos átomos, e sua própria teoria sobre o estado permanente dos átomos” (KRAGH, 2012, p. 56). Apesar desse fato, nesta mesma carta enviada a Rutherford no final de janeiro, Bohr deixa claro que até aquele momento ele não relaciona o seu modelo com os estudos das linhas espectrais, “Eu não lido com a questão do cálculo das frequências correspondentes às linhas no espectro visível” (KRAGH, 2012, p. 56). O que pode ter feito Bohr mudar de ideia e inserir os estudos dos espectros em seu modelo? Provavelmente a leitura dos trabalhos de Nicholson, como já vimos, relacionava os espectros de linha com a estrutura da matéria, a partir de 1911, dois anos antes da publicação da trilogia de Bohr. Em seus estudos, Nicholson interpretou as riscas espectrais presentes nas nebulosas estelares e na coroa solar utilizando um modelo planetário para o átomo (LOPES, 2009).

Desse modo, até o final de 1912, e possivelmente até 31 de janeiro de 1913, a teoria de Bohr abordava questões sobre a estrutura dos átomos, as leis periódicas e da formação das moléculas; entretanto, faltava uma base empírica, o que só aconteceu após a sua decisão de utilizar os espectros elementares (LOPES; MARTINS, R., 2007). Isso parece ter ocorrido em 1913, quando Bohr voltou para Copenhague e começou a trabalhar nos problemas ópticos, depois da carta enviada para Rutherford em 31 de janeiro daquele ano. Uma das suas indagações era tentar explicar, à luz de sua teoria, a regularidade dos espectros (PENNA, 2009) e, por conta disso, ele apresentou a principal sustentação experimental de sua teoria, os

espectros de linha. Como um modelo atômico poderia explicar as linhas bem definidas no anteparo (Fig. 2), se a matéria fosse contínua, como o átomo de Thomson de 1904? Bohr viria a utilizar os estudos sobre os espectros de emissão do hidrogênio como comprovação experimental de suas hipóteses, na parte I da trilogia (LOPES, 2009). Portanto, os trabalhos de Nicholson parecem ter sido fundamentais na construção da base empírica que Bohr procurava, uma vez que, no primeiro artigo da trilogia, ele enfatizou os estudos sobre os espectros de linha.

Além disso, na época em que Bohr escrevia o primeiro artigo, ele também se interessou pelas fórmulas empíricas, influenciado por seu colega dinamarquês Hans Marius Hansen (1886-1956), que trabalhava na época com espectroscopia (HOYER, 1981). Sendo assim, após ter conhecimento sobre os trabalhos acerca das riscas espectrais de Hansen (Rydberg, Balmer, dentre outros) e sobre as articulações entre os modelos atômicos e a espectroscopia, provavelmente a partir da leitura dos artigos de Nicholson sobre o tema, Bohr acabou incluindo as séries espectrais em sua teoria atômica, desenvolvidas no final do século XIX e começo do XX.

Em uma carta enviada para Rutherford, em 6 de março de 1913, cerca de 34 dias após a carta de 31 de janeiro, em que dizia não ter incorporado linhas espectrais em suas considerações, Bohr já comenta sobre os estudos dos espectros em sua teoria de constituição de átomos e moléculas:

Anexei o primeiro capítulo do meu artigo sobre a constituição dos átomos. Espero que os próximos capítulos sejam seguidos em algumas semanas. No último momento, tive um bom progresso no meu trabalho e espero ter conseguido ampliar as considerações sobre vários fenômenos diferentes, tais como emissão de espectros de linha, magnetismo e possivelmente uma indicação de uma teoria da constituição de estruturas cristalinas. [...] Como você verá, o primeiro capítulo trata principalmente do problema da emissão dos espectros de linha... (BOHR, 1913, *apud* HOYER, 1981, p. 111-112, tradução livre).

Rutherford lia os trabalhos de Bohr e também o auxiliava no inglês, pois Niels tinha dificuldade com este idioma (HEILBRON; KUHN, 1969). Rutherford interessou-se pela teoria de Bohr sobre a origem das linhas espectrais do átomo de hidrogênio; contudo, ele achava difícil explicar a articulação entre a teoria de Planck e as ideias da mecânica clássica (HOYER, 1981). Além desse fato, Rutherford considerava o artigo da trilogia muito longo, pois Bohr acabava repetindo algumas declarações. Na época, Rutherford era editor da revista na qual Bohr queria publicar a sua trilogia, a *Philosophical Magazine* (HOYER, 1981). Mesmo assim, Rutherford escreveu que ficaria feliz em publicar o artigo de Bohr quando este

fosse um pouco reduzido, e comprometeu-se a corrigir os erros de língua inglesa, caso fosse necessário.

Bohr, no decorrer da primeira parte de sua trilogia, aponta problemas nos cálculos de Nicholson para fundamentar a teoria dele. Ele destaca que “a teoria [de Nicholson] não conseguia explicar coerentemente as séries espectrais de Balmer e Rydberg, que relacionavam as frequências das linhas nos espectros de linhas dos elementos comuns” (BOHR, 1913a, p. 7). A fórmula de Balmer descrevia de forma correta as relações entre os comprimentos de onda correspondentes às linhas que apareciam no espectro do hidrogênio (FILGUEIRAS, 1996). Apesar de Bohr ter dito em correspondências anteriores que não utilizaria os estudos da espectroscopia em seu modelo, ele comenta com seu assistente León Rosenfeld (1904-1974), anos mais tarde, sobre a importância dos trabalhos de Balmer em sua teoria: “Assim que vi a fórmula de Balmer, tudo se tornou inteiramente claro para mim” (HOYER, 1981, p. 110).

Apesar do ponto de partida de Bohr ter sido diferente dos estudos de Nicholson, ao relacionar a constante de Planck com sua teoria atômica, Bohr passou a considerar a constância do momento angular dos elétrons como hipótese principal (LOPES; MARTINS, R., 2007), como já havia sido proposto por Nicholson. A partir dos artigos de Bohr e das suas cartas trocadas com outros cientistas, Lopes (2009) propõe uma das diferenças entre o que já havia sido feito por Nicholson e a proposta de Bohr: os cálculos da emissão da energia no modelo de Bohr eram consistentes com a previsão matemática das séries espectrais (Balmer, Rydberg, Paschen, dentre outros).

Para Bohr, a órbita do elétron nos estados estacionários era circular e, nesse sistema formado por um único elétron girando ao redor do núcleo, o estado é determinado pela condição do seu momento angular ser igual a $h/2\pi$ (BOHR, 1913a). Utilizando a ideia de quantização, Bohr relacionou o momento angular orbital com a constante de Planck h , dividida por 2π , assim obtendo a energia para cada elétron ir de um estado estacionário para outro, sendo apenas valores múltiplos inteiros de $h/2\pi$. Desse modo, Bohr foi capaz de expandir a sua teoria e incluir os chamados estados estacionários dos níveis de energia (HEILBRON, 1981).

De acordo com a teoria de Bohr de 1913, a formação das linhas de emissão nos espectros descontínuos do gás hidrogênio, quando exposto a uma fonte de radiação, ocorre porque os elétrons recebem energia do “*quantum* de ação” (pacote de energia), em diferentes frequências e transitam entre os níveis de energia, assim passando a ocupar diferentes estados

excitados. De acordo com o modelo de Bohr, a ocupação desses estados excitados é momentânea, de ordem de 10^{-9} s, logo retornando para o nível de energia de onde saiu (SILVA, H., 2013). Dessa forma, era possível explicar o porquê das linhas brilhantes e coloridas que estavam sendo observadas no espectro de emissão, com o auxílio dos espectroscópios no século XIX. Essas linhas são emitidas por meio da passagem entre dois estágios, um permanentemente estável (estado estacionário) e o outro como um estado em que o elétron apresenta uma instabilidade, no momento em que muda de um estado estacionário para outro. É importante salientar que a explicação dos espectros de emissão do hidrogênio não era um dos objetivos de Bohr ao elaborar a sua teoria. Mas, deve-se destacar que, ao incorporar os estudos das séries espectrais em seu modelo, ele adiantou-se em relação à visão empírica, prevendo novas séries espectrais no espectro do hidrogênio (SILVEIRA; PEDUZZI, 2006). Por um lado, seu modelo obteve uma maior fundamentação com o uso das fórmulas matemáticas que descreviam os resultados experimentais; por outro, esses resultados empíricos passaram a ser fundamentados por uma teoria. A partir da teoria de Bohr, foi possível explicar o porquê do aparecimento das linhas brilhantes e escuras nos espectros dos elementos químicos, observadas nos espectroscópios de Bunsen e Kirchhoff.

No final do terceiro artigo da trilogia, Bohr resume a sua teoria em cinco pressupostos iniciais, que caracterizaram as suas ideias sobre o seu modelo nuclear, o que hoje conhecemos como Postulados de Bohr:

1. Que a energia não é emitida (ou absorvida) da maneira contínua adotada na eletrodinâmica comum, mas somente durante a passagem dos sistemas de um estado “estacionário” para outro diferente;
2. Que o equilíbrio dinâmico dos sistemas nos estados estacionários é governado pelas leis ordinárias da mecânica, enquanto estas leis não são válidas nas transições dos sistemas entre diferentes estados estacionários;
3. Que é homogênea a radiação emitida durante a transição de um estado estacionário para outro, e que a relação entre a frequência ν e a quantidade total de energia emitida é dada por $E=h\nu$, sendo h a constante de Planck;
4. Que os diferentes estados estacionários de um sistema simples, consistindo por um elétron que gira em torno de um núcleo positivo, são determinados pela condição de ser igual a um múltiplo inteiro de $h/2$ a razão entre a energia total emitida durante a formação da configuração e a frequência de revolução do elétron. Admitindo que a órbita do elétron é circular, essa hipótese equivale a supor que o momento angular do elétron em torno do núcleo é igual a um múltiplo inteiro de $h/2\pi$;
5. Que o estado "permanente" de qualquer sistema atômico – isto é, o estado em que a energia emitida é máxima – é determinado pela condição de ser igual a $h/2\pi$ e o momento angular de cada elétron em torno do centro da sua órbita (BOHR, 1913c, p. 874-875, tradução livre).

Os postulados de Bohr buscavam responder aos problemas dos novos modelos sobre a constituição da matéria, publicados no final do século XIX e início do século XX. Poucos

tentavam relacionar seus modelos com as linhas espectrais. O postulado (1) estabelece que a energia não é emitida ou absorvida de maneira contínua e que, nesses estados “estacionários”, ela obedece às leis da física clássica. Apesar de Bohr considerar limites da mecânica clássica para explicar a constituição da matéria, ele utiliza a equação da energia cinética para calcular os estados estacionários do átomo.

Já o postulado (2) refere-se à passagem do átomo de um estado estacionário para outro, quando o elétron deveria emitir (perder) ou absorver (ganhar) um determinado valor de energia, na forma do *quantum* elementar de ação (SILVA, H., 2013); a frequência definida não seria igual à do movimento do elétron (SCHMIDT, 2008). Os postulados (2) e (3) foram apresentados por Bohr como possível solução dos problemas que ele considerava não resolvidos por Nicholson: “na tentativa de mostrar que as dificuldades em questão desaparecem se considerarmos os problemas do ponto de vista tomado neste artigo...” (BOHR, 1913a, p. 7).

Os argumentos utilizados por Bohr para explicar os espectros de emissão do hidrogênio foram propostos a partir da dedução de que a energia E do elétron nas órbitas estacionárias²¹ para o átomo de hidrogênio é dada por (SCHMIDT, 2008):

$$E = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2 n^2}$$

Onde m é a massa do elétron, e é a carga do elétron, h é a constante de Planck e n é um número inteiro ($n = 1, 2, 3, \dots$). Ao passar de uma órbita estacionária ao número inteiro n_1 para outra correspondente ao número n_2 o elétron tem uma variação de energia dada por (SCHMIDT, 2008):

$$E_2 - E_1 = \frac{2\pi^2 me^4}{h^2} \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

Segundo Bohr, “se supusermos agora que a radiação em questão é homogênea, e que a quantidade de energia emitida é igual a $h\nu$, sendo ν a frequência da radiação, obtemos” (BOHR, 1913a, p. 8), então:

$$E_2 - E_1 = h\nu$$

²¹ A dedução da fórmula da E do elétron nas órbitas estacionárias para o átomo de hidrogênio realizada por Niels Bohr, pode ser encontrada em diversas fontes, como por exemplo, na própria trilogia “*On the constitution of atoms and molecules*” (BOHR, 1913); no artigo “Os 100 anos do átomo de Bohr” (PARENTE; SANTOS; TORT, 2013) e no livro “Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas (EISBERG; RESNICK, 1988).

Essa variação de energia determina a frequência da radiação emitida ou absorvida. Assim, Bohr admitiu que os elétrons giravam em torno do núcleo, como no modelo de Rutherford, mas não emitiam energia continuamente; portanto, não iriam aproximar-se do núcleo até cair nele (GUERRA; BRAGA; REIS, 2005). Ainda, esse elétron só mudaria de órbita se emitisse ou absorvesse energia (radiação), de forma a satisfazer a equação de Planck (postulado 3). A partir disso, a frequência da radiação é dada por (BOHR, 1913a):

$$\nu = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3} \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right)$$

Para Bohr, se usarmos essa expressão, é possível explicar as linhas espectrais do espectro do hidrogênio (BOHR, 1913a). De acordo com ele, se colocarmos $n_2 = 2$ e deixarmos n_1 variando, obtemos o valor da série de Balmer na região do visível (BOHR, 1913a). Se considerarmos $n_2 = 3$, obtemos a série do hidrogênio no ultravioleta que foi elaborada por Paschen e, de acordo Bohr (1913a), essa série foi anteriormente pressuposta por Walter Ritz. Além disso, se colocarmos $n_2 = 4, 5, \dots$, obtemos, respectivamente, as séries no ultravioleta e no infravermelho que apesar de não poderem ser observadas no visível, são esperadas (BOHR, 1913a).

Portanto, utilizando o modelo atômico proposto por Bohr para o átomo de hidrogênio, foi possível explicar teoricamente a posição das linhas espectrais, validando os valores obtidos por meio das relações matemáticas que foram desenvolvidas no final do século XIX e início do século XX. A partir do modelo teórico de Bohr foi possível representar as principais linhas do espectro do hidrogênio no visível; além disso, Bohr também transformou a constante empírica de Rydberg²² em uma constante com uma base física (KRAGH, 2012).

Finalmente, os postulados (4) e (5) dizem respeito à quantização do momento angular, pois “o postulado (4) determinava as características (raio e energia) das órbitas estacionárias dos elétrons, nas quais ocorreria a emissão de energia, ao contrário do que era previsto pela teoria eletromagnética” (SCHMIDT, 2008, p. 15). É importante salientar que a quantização do momento angular já havia sido proposta por Nicholson em seu modelo atômico, antes da teoria de Bohr. Deste modo, a determinação das órbitas possíveis para o elétron em torno do núcleo do átomo envolve a quantização do momento angular (BASSO; PEDUZZI, 2003).

²² Nomeada em homenagem ao físico sueco Johannes Robert Rydberg (1854-1919), é uma constante física que aparece na fórmula de Rydberg e possui o valor de: $R \simeq 1,10 \cdot 10^7 m^{-1}$.

Na organização de sua trilogia, Bohr começa a expor as suas ideias para o espectro descontínuo do hidrogênio, na parte I, articulando esse conceito com os estudos de Planck, incluídos por último. As partes II e III são referentes ao período em que Bohr permaneceu na Inglaterra, nos laboratórios dirigidos por Thomson e Rutherford (LOPES, 2009). Tudo indica, portanto, que a ordem de apresentação de suas conclusões é inversa àquela da realização de seus estudos. Observando os conteúdos do cartão de natal enviado a Harald, em 1912, e a carta para Rutherford em 31 de janeiro de 1913, vemos que os estudos dos espectros foram inseridos “no último momento” (HOYER, 1981).

Apesar dos avanços que proporcionou ao estudo da constituição da matéria, a teoria de Bohr parece conservadora, já que considera que o equilíbrio dinâmico nos estados estacionários é determinado pelas leis da mecânica clássica, e toma como base as explicações clássicas, nas partes II e III. Ela representa um triunfo inicial, ao articular no seu modelo as recentes teorias da época sobre a descontinuidade da energia e, com isso, conseguir solucionar o problema da instabilidade nuclear e os espectros de emissão do hidrogênio. Heilbron (1981) considera paradoxal que Bohr utilize a mecânica clássica, mesmo reconhecendo que ela não era suficiente para fundamentar um modelo consistente de constituição da matéria. Segundo Kragh (2010), isso não quer dizer que o modelo atômico de Bohr não tenha contribuído para a física; ao contrário, foi a primeira teoria bem-sucedida sobre a estrutura da matéria do começo do século XX.

3.6. A Recepção da comunidade científica ao modelo de Bohr

Os documentos históricos sugerem um impacto significativo da publicação da trilogia sobre a constituição de átomos e moléculas, visto que, após sua publicação, muitos artigos discutiram as propostas de Bohr (MOURA, C., 2014). Além disso, houve tentativas de confirmar a sua teoria por meio de experimentos. Um desses trabalhos foi o de Henry Moseley (1887-1915), que fez medições experimentais do comprimento de onda de espectros de raios X de vários metais e utilizou seus resultados para dar sustentação à teoria de Bohr (LOPES, 2009). No entanto, esta relação não estava clara e recebeu críticas do físico britânico Frederick Lindemann (1886-1957) e também de Nicholson.

Dentre outros cientistas que apoiaram as ideias apresentadas por Bohr estavam Rutherford, Carl W. Ossen, o físico-químico húngaro George Hevesy, Hantaro Nagaoka, o

físico alemão Arnold Sommerfeld (1868-1951), Antonius van den Broek (1870-1926), dentre outros na Alemanha, Holanda, Inglaterra e Itália (LOPES, 2009).

A primeira apresentação do modelo atômico de Bohr ocorreu em uma reunião da “*British Association for the Advancement of Science*”, em meados de 1913 (PENNA, 2009). Publicamente, Bohr recebeu apoio de James Jeans (1877-1946), no *Times* de Londres de 1 de setembro de 1913: “[...] O Dr. Bohr conseguiu uma explicação engenhosíssima e sugestiva das leis das riscas espectrais” (HOYER, 1981, p. 124).

Hantaro Nagaoka, que abandonou o seu modelo saturniano em 1908, por causa da instabilidade atômica e também por outros fatores, pronunciou-se sobre os estudos da instabilidade dos sistemas atômicos, em 27 de dezembro de 1913: “Agradeço por ter me enviado vários trabalhos seus sobre a estrutura atômica; parece estar intimamente ligado com o átomo saturniano que estudei há cerca de 10 anos” (HOYER, 1981, p. 127). A primeira reação de fora do círculo de Rutherford veio do físico alemão Arnold Sommerfeld:

Agradeço-lhe muito por me enviar o seu artigo, achei muito interessante, o que já havia lido no Phil. Mag. O problema de expressar a constante de Rydberg-Ritz pela constante de Planck h , permaneceu por muito tempo em minha mente. Alguns anos atrás, eu disse a Debye sobre isso. Embora, por enquanto, eu ainda seja bastante cético quanto aos modelos atômicos em geral, o cálculo dessa constante é, sem dúvida, um grande feito (SOMMERFELD, 1913 *apud* HOYER, 1981, p. 123, tradução livre).

Apesar da atmosfera favorável e da atitude indecisa mostrada por alguns representantes da física clássica, como Lord Rayleigh (1842-1919), a teoria de Bohr ainda estava sujeita a alguma controvérsia. Thomson colocou-se de forma contrária quanto às ideias apresentadas por Bohr, dizendo que a sugestão feita por ele era sem valor (HOYER, 1981). Segundo o filho de Thomson, George Thomson, seu pai foi um dos maiores opositores ao modelo proposto por Bohr (LOPES, 2009). Essa posição de Thomson pode estar associada ao fato de que o modelo atômico de Bohr passou a ser mais reconhecido e discutido pela comunidade científica, frente ao modelo proposto por ele, em 1904 (KRAGH, 2012).

As principais críticas ao modelo proposto por Bohr partiram de Nicholson, em suas publicações nas revistas: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, *Philosophical Magazine* e na *Nature* (LOPES, 2009). Quando Nicholson aprofundou as discussões sobre os espectros do hidrogênio e hélio, também passou a dialogar com o modelo de constituição de átomos e moléculas de Bohr, de 1913, produzindo algumas críticas a essa teoria. De acordo com Lopes (2009), os debates entre Bohr e Nicholson duraram cerca de dois anos, na revista *Nature*.

3.7. Limitações do modelo proposto por Bohr

Apesar de resolver alguns problemas experimentais da época, o modelo teórico proposto por Bohr tinha algumas limitações. Além disso, a intenção de Bohr era ter um novo quadro para a física e a química atômica e molecular; entretanto, essa última foi menos bem-sucedida e seu modelo acabou não sendo reconhecido pela maioria dos químicos (KRAGH, 2013a), apesar de seu reconhecimento sobre as explicações dos espectros descontínuos.

Uma das limitações presentes na teoria era que esta não representava muitas linhas espectrais na série de Balmer (as chamadas linhas de estrutura fina). Além do mais, essa teoria também não obteve bons resultados ao explicar os átomos de mais de um elétron, como o caso do átomo de hélio (KRAGH, 2012). Por causa de suas limitações, a teoria de Bohr foi gradativamente sendo aperfeiçoada por ele próprio e por outros pesquisadores (SCHMIDT, 2008).

Outro ponto a ser observado é que essa teoria sobre a constituição de átomos e moléculas não parecia estar de acordo com as observações experimentais do astrônomo inglês Alfred Fowler, referentes aos espectros estelares e dos tubos de descarga elétrica contendo uma mistura de hidrogênio e hélio (LOPES, 2009). O próprio Fowler objetou que os comprimentos de onda teóricos obtidos por Bohr para o hidrogênio e os íons de hélio não concordaram precisamente com os encontrados de forma experimental (KRAGH, 2013b). Esse tema foi motivo de debate entre esses cientistas na revista *Nature*, e cada um apresentou seus argumentos sobre as linhas observadas experimentalmente nos tubos de descarga. De acordo com Bohr, feitos os devidos ajustes, a sua teoria sobre a constituição de átomos e moléculas seria capaz de explicar os espectros de emissão de elementos químicos com maior número de elétrons (BOHR, 1913b). Isso pode ser observado na segunda parte da trilogia, onde ele projeta modelos dos átomos mais pesados, imaginando-os como sistemas planos de elétrons girando em torno do núcleo (KRAGH, 2013b). Isto foi motivo de debate entre Bohr e Nicholson, pois Nicholson rebatia veemente esse fato (LOPES, 2009).

Entre 1914 e 1915, Sommerfeld começou a generalizar a teoria de Bohr e fez algumas correções, propondo uma alternativa para resolver algumas inconsistências presentes no modelo, como é o caso das órbitas que passaram a ser elípticas (GUERRA; BRAGA; REIS, 2005). A proposição de que as órbitas seriam elípticas já havia sido feita por Nicholson anteriormente (LOPES, 2009). Já em 1916, além disso, Sommerfeld também introduziu o uso da dinâmica relativística na análise dos movimentos dos elétrons (SCHMIDT, 2008). O

modelo de Bohr ainda sofreu mais alguns acréscimos pelo físico Wolfgang Pauli (1900-1958), que introduziu um quarto número quântico (o spin) aos três já existentes²³, na tentativa de solucionar os problemas que ainda restavam no modelo atômico de Bohr-Sommerfeld (GUERRA; BRAGA; REIS, 2005). Com esses ajustes, entre 1918 e 1920, o modelo proposto por Bohr, com as modificações introduzidas por Sommerfeld e outros cientistas, tornou-se amplamente aceito pela comunidade científica (KRAUGH, 2012).

Na história inicial do problema da estrutura atômica, a primeira grande ruptura não ocorreu com Rutherford ou mesmo com Bohr, que trabalhavam ao redor do programa da escola de Thomson, mas no início dos anos vinte, quando uma nova geração preferiu refazer o modelo ao invés de reparar a física clássica (HEILBRON, 1981). Tanto na HC, quanto na história geral, a Primeira Guerra Mundial foi uma linha divisória entre os séculos XIX e XX. No decorrer desta, a teoria de Bohr desenvolveu-se com rapidez, em especial por conta da ausência de concorrentes naturais (HEILBRON, 1981). Segundo Heilbron (1981), após a Primeira Guerra, o átomo de Bohr tornou-se o veículo da revolução nas mãos de alguns jovens que avançaram abandonando a abordagem clássica utilizada nos modelos anteriores, como foi o caso de Werner Heisenberg (1901-1976), Max Born (1882-1970), Wolfgang Pauli, Louis de Broglie (1892-1987), Pascual Jordan (1902-1980), Paul Dirac (1902-1984), Erwin Schrodinger (1887-1961), dentre outros cientistas (GUERRA; BRAGA; REIS, 2005).

Algumas investigações podem nos ajudar a ter uma compreensão mais ampla sobre esse episódio, principalmente acerca de aspectos não epistêmicos que influenciam o desenvolvimento da ciência. Podemos começar investigando um pouco mais sobre a vida e obra de Nagaoka, Nicholson, Thomson, Rutherford e Bohr. Iniciando a partir de alguns trabalhos, por exemplo, Lopes (2009); Lopes e Martins, R. (2007; 2009); Moura, C. (2014); Moura, C. e Guerra (2016); Peduzzi (2015) e Penna (2009) podemos responder a alguns questionamentos: qual os seus contextos de vida? Quais contribuições deram à ciência, além das mencionadas aqui? Se compararmos o capital científico desses cientistas, poderíamos compreender mais razões pelo fato de algumas teorias serem mais apoiadas que outras pela comunidade, por exemplo, quanto aos modelos de Nagaoka e Thomson, ambos publicados no mesmo número da *Philosophical Magazine*, em 1904? E quanto ao fato de Nicholson ter publicado anteriormente seu modelo de constituição da matéria, fundamentado pelos estudos

²³ Sob o ponto de vista da teoria quântica a energia total do movimento de uma partícula em órbita elíptica depende do “número quântico principal”, n , onde a razão entre os semieixos da elipse também é quantizada, dada por n/k , sendo k o “número quântico azimutal”. Já o “número quântico magnético”, m , está associado ao ângulo formado entre o campo magnético e o plano da órbita do elétron (SCHMIDT, 2008, p. 18). Esses números quânticos já haviam sido introduzidos antes de Wolfgang Pauli.

da espectroscopia e de Planck, antes de Bohr, e mesmo assim ter tido menos impacto junto à comunidade científica?

Que curso teria seguido a história se todos os ajustes tivessem sido feitos a partir do modelo de Nicholson, que inclusive já adotava orbitas elípticas? Que razões tornaram o modelo de Bohr tão difundido e o modelo de Nicholson ter sido esquecido, e esse personagem sequer ser mencionado em materiais didáticos? O que teria ocorrido se Bohr tivesse permanecido em Cambridge e aperfeiçoado o modelo de Thomson? Quais motivos teriam levado Rutherford a oferecer tanto apoio a Bohr, inclusive ajudando-o com a revisão da língua inglesa, para a publicação de seus artigos, na revista em que o próprio Rutherford era o editor? Essas são provocações que deixamos para a reflexão do leitor, mostrando que aspectos pessoais e extra científicos também influenciam no desenvolvimento da ciência.

3.8. Algumas considerações

Além de incentivar uma proposta formativa sobre os usos da HC no ensino, esse texto histórico almejou proporcionar alguns subsídios para que o docente formador de professores possa promover reflexões críticas acerca do desenvolvimento da física do século XX, assim como tratar conceitos de física e química de modo contextualizado. Essa narrativa histórica, aqui apresentada, permitiu exemplificar alguns aspectos epistêmicos e não epistêmicos do episódio. Entretanto, vale lembrar que qualquer episódio histórico é influenciado por um enorme número de fatores (científico, social, econômico, político, dentre outros), e o recorte envolvendo o modelo atômico de Niels Bohr, de 1913, não foge à regra. Há muitos outros elementos que podem ser pesquisados e apresentados em forma de seminário pelos licenciandos, por exemplo, motivando frutíferas discussões, ilustrando as questões que pontuamos ao final da narrativa histórica.

Nesta investigação, agrupamos as contribuições em três linhas de pensamento: os estudos da espectroscopia; alguns modelos atômicos; e o resultado de Planck a partir dos estudos da radiação de corpo negro. Os estudos de Bohr ofereceram um modelo para o átomo e uma fundamentação teórica para as linhas espectrais observadas, evidenciando as contribuições de Bohr para a espectroscopia.

Como pudemos observar, a teoria de Bohr, apesar de apresentar problemas e limitações, e ter alguma de suas bases na eletrodinâmica clássica, tornou-se o referencial inicial de um átomo quantizado, ao introduzir as ideias de Planck em seu modelo, para o

estabelecimento da mecânica quântica nos anos seguintes (LOPES, 2009). Além do mais, adiantou-se em relação à visão empírica, prevendo novas séries espectrais no espectro do hidrogênio.

As inúmeras influências, percalços, personagens, mudanças, incorporações, críticas, debates e controvérsias presentes nesse pequeno recorte para a história dos modelos atômicos mostra-nos o quanto é simplista e tendenciosa a versão dessa história presente em materiais didáticos. Importa permanecermos atentos para as mesmas distorções, possivelmente presentes em outros temas da HC.

4. APORTE TEÓRICO METODOLÓGICO

Reconhecendo a potencialidade da HC como fomentadora de estratégias para o processo de ensino e aprendizagem, temos os seguintes questionamentos: de que forma introduzir esse conhecimento em um curso que visa a formação de professores? Quais as melhores abordagens para a inserção desse tema? Na tentativa de responder a esses questionamentos, esta pesquisa foi desenvolvida na interface entre diferentes áreas da educação, agregando princípios do ensino de física, conteúdos da HC e pesquisas envolvendo a formação de professores. Segundo Forato, Guerra e Braga (2014), um dos desafios enfrentados por pesquisadores e formadores de professores é atuar na interface entre a HC e o ensino.

Esta análise das interfaces envolvidas constituiu uma situação específica, pois tem características e particularidades específicas do contexto do qual foi aplicada a pesquisa, na formação de professores do curso de Graduação em Ciências, da Unifesp - Diadema. Nessa perspectiva, os dados produzidos foram fundamentados por uma metodologia qualitativa de pesquisa, do tipo estudo de caso.

Cada etapa da pesquisa utilizou metodologias específicas. Embora algumas fases da pesquisa tenham ocorrido concomitantemente, iremos relatá-las separadamente, para facilitar a compreensão das metodologias que guiaram as etapas da pesquisa:

- Estudos teóricos sobre o tema histórico proposto;
- Elaboração da narrativa histórica;
- Delimitação do episódio histórico (FORATO, 2009);
- Desenvolvimento da proposta didática para um grupo de professores de ciências (física e química) em formação (MARTINS, R., 2006; MARTINS, A., 2007; FORATO, 2009; PORTO, 2010; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; PEREIRA; MARTINS, A., 2011; MOURA, C.; MOURA, 2014; GUERRA, 2016b, dentre outros).
- Aplicação da proposta didática: abordagem qualitativa do tipo estudo de caso (LÜDKE; ANDRÉ, 1986; ERICSON, 1998; ANDRÉ, 2009; 2010);
- Análise da aplicação da proposta didática (BARDIN, 1977; OLIVEIRA, 2008).

O estudo teórico envolveu três etapas: revisão bibliográfica sobre a presença dos trabalhos de Niels Bohr em periódicos da área de ensino; levantamento referente a pesquisas pautadas no uso da HC na formação de professores, apresentados no capítulo 1, e a pesquisa

historiográfica que permitiu a elaboração do texto histórico apresentado no capítulo 2. Essa pesquisa historiográfica teve como primeira função o estudo sobre o episódio selecionado, e foi conduzida pela análise diacrônica de fontes históricas primárias da HC.

O desenvolvimento da proposta didática considerou o texto histórico, apresentado no capítulo 2, como base para o desenvolvimento das atividades didáticas e o contexto educacional de licenciandos em ciências do campus Diadema da Unifesp, nas disciplinas de Práticas Pedagógicas de Física II e de Química II. Essa proposta configura-se um desdobramento e um aprimoramento das propostas anteriores.

A implementação da proposta considerou uma perspectiva qualitativa de estudo de caso, planejando a coleta de dados, com os pesquisadores imersos no ambiente pesquisado. Vale destacar que a orientadora da dissertação é a docente responsável pela disciplina em que a proposta foi implementada.

Para a análise dos dados coletados durante a implementação dessa proposta didática, o referencial selecionado foi a Análise de Conteúdo (AC) de Bardin (1977).

A seguir, serão descritos os percursos metodológicos dessas etapas da pesquisa.

4.1. O Estudo histórico: o uso do episódio

O estudo do episódio histórico foi elaborado a partir de análise diacrônica de fontes primárias e secundárias da HC, mediante a metodologia da HC, em perspectiva historiografia contemporânea (PESTRE, 1996; ALFONSO-GOLDFARB; MARTINS, R., 2001, 2010; BELTRAN, 2004; ROMERO, 2016). Para a seleção do material histórico, realizamos um levantamento bibliográfico, em banco de dados de revistas, periódicos, dissertações, teses e livros, conforme metodologia apresentada no capítulo 1. Como o estudo histórico volta-se para o ensino de ciências, a pesquisa bibliográfica enfocou tal ambiente, caracterizando-se “um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 157). Importante destacar que o resultado dessa pesquisa histórica não tem a intenção de se constituir uma pesquisa original no campo da HC, mas sim, de ser um resultado a ser utilizado por docentes em cursos de licenciaturas ou bacharelados em física, química e áreas correlatas.

As obras primárias que foram usadas na construção do episódio histórico foram artigos e livros, escritos por Bohr e outros cientistas da época (ROSCOE, 1868; THOMSON, 1904a;

THOMSON, 1904b; RUTHERFORD, 1911; BOHR, 1913a, 1913b; 1913c; NICHOLSON, 1914a, 1914b).

Já as fontes secundárias abrangeram os trabalhos selecionados sobre o tema, escritos por estudiosos contemporâneos (DINGLE, 1963; McCORMMACH, 1966; HEILBRON; KUHN, 1969; DEKOSKY, 1973; HEILBRON, 1977, 1981; WHITAKER, 1979; KOEHLER, 1996; BASSO; PEDUZZI, 2003; GUERRA; BRAGA; REIS, 2005; JENSEN, 2005; PEDUZZI; BASSO, 2005; REIS; GUERRA; BRAGA, 2006; SILVEIRA; PEDUZZI, 2006; LOPES; MARTINS, R., 2007a, 2007b; SCHMIDT, 2008; LOPES, 2009; PENNA, 2009; KRAGH, 2010, 2012, 2013a, 2013b; PIROLO, 2010; SILVA, H., 2013; MOURA, C., 2014; PEDUZZI, 2015). Essas fontes incluem trabalhos de historiadores da ciência e também pesquisas envolvendo a interface entre a HC e o ensino.

Foram também estudadas algumas biografias sobre Bohr (HEILBRON; KUHN, 1969; ROSENFELD, 1972, 1981; ROSENFELD; HOYER, 1981; BRENNAN, 1998).

A delimitação do recorte histórico e sua didatização foram fundamentadas segundo ponderações propostas pelo referencial teórico Forato (2009), conforme explicaremos no próximo tópico. Há diversas pesquisas que utilizaram tal referencial com propósitos parecidos e ofereceram suporte para essa etapa de estudo, interpretação e aplicação desse referencial (CARDOSO, M., 2014, 2018; CARDOSO, C., 2015; CARDOSO, D., 2015; GOMES, 2015; MARTORANO; FORATO, 2015; OLIVEIRA; DRUMMOND, 2015; BORGES, 2016; CRUZ, 2016; GUILGER, 2016; FORATO; BAGDONAS, 2017; SANTANA, 2019, por exemplo).

Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 44) indicam que, na construção de uma abordagem histórica, “o tema histórico deve favorecer os objetivos epistemológicos pretendidos, deve estar adequado ao ambiente educacional em questão, e deve contemplar aspectos viáveis para as possibilidades de o professor poder tratar o tema adequadamente”. Neste episódio histórico, foram estudados recortes da história da espectroscopia do final do século XIX e início do século XX, para selecionar aspectos das contribuições de Niels Bohr nos estudos dos espectros dos elementos químicos. Desse modo, pretendeu-se trazer recursos para mostrar algumas das influências e do contexto em que este cientista estava inserido, para favorecer a compreensão de conceitos físicos e de aspectos da prática científica. Segundo Martins (2006), o estudo detalhado de um episódio histórico é fundamental para formação de uma concepção adequada sobre a NDC, suas limitações e suas relações com outras áreas (contexto social, político, cultural etc.).

4.1.1. Delimitação do episódio histórico

Para a elaboração do texto sobre o do episódio histórico, foram utilizadas cerca de vinte ponderações²⁴ de Forato (2009), que visam subsidiar a análise para a elaboração de abordagens da HC para o ensino. Essa opção é feita considerando que a adaptação de conteúdos da HC para o ambiente escolar não se configura como uma mera simplificação ou resumo de um texto histórico especializado. Esse referencial reconhece a diferença entre os saberes produzidos pela pesquisa especializada, dos saberes adequados ao âmbito do ensino, em seus diferentes níveis formativos, em perspectiva da transposição didática de Chevallard adaptada aos conteúdos históricos (CHEVALLARD, 1991; FORATO, 2009). Ademais, considerando que não é possível construir uma narrativa histórica que abarque todos os aspectos de um evento histórico, a construção de um novo enfoque precisa delimitar conteúdos e aspectos a serem explorados em detrimento de outros (MARTINS, 2010). Desse modo, os objetivos formativos para os quais o texto histórico se volta, oferecem os critérios e orientações para a construção desse novo saber histórico, que se configura um texto escrito especificamente para a formação de professores. Assim, as reflexões realizadas na elaboração dessa transposição de saberes históricos, das fontes primárias e secundárias para o ambiente de formação de professores, buscam auxiliar a escolha de aspectos históricos a enfatizar aqueles outros que podem ser omitidos, sem prejuízo aos objetivos pedagógicos que se pretendeu alcançar. Ao mesmo tempo, uma preocupação é minimizar distorções historiográficas, possivelmente oriundas de recortes muito severos em um episódio histórico (FORATO, 2009).

Assim, essa análise foi organizada em cinco quadros, relativos aos aspectos a serem avaliados na transposição didática da HC para o ambiente escolar, adaptados a partir de Forato (2009). Buscamos nessa análise uma coerência entre a visão de ciências, os objetivos pedagógicos ambicionados e a visão da prática científica promovida.

Os primeiros três quadros apresentam as reflexões para a delimitação do episódio histórico, que teve como objetivo contextualizar historicamente e epistemologicamente os conteúdos de FMC. Já os dois últimos quadros contribuíram para a elaboração da proposta

²⁴ Originalmente chamados de *parâmetros*, adotamos aqui como *ponderações*, pois parece-nos mais consistente com as reflexões que promoveu do que a percepção de diretrizes ou regras que podem ser sugeridas pelo termo original, ou seja, *parâmetros*.

didática aplicada na formação inicial de professores do curso de Ciências-Licenciatura (com habilitação em física e química, especificamente) do *campus* Diadema da Unifesp.

Quadro 4 - Objetivos da abordagem histórica.

Adequando a história da ciência ao ambiente escolar	Ponderações ou parâmetros para reflexão e análise
<ul style="list-style-type: none"> - Quais os objetivos pedagógicos pretendidos sobre os conteúdos científicos, epistemológicos, formativos, questões sociais, direitos humanos e as competências visadas? 	<ul style="list-style-type: none"> - 1: Estabelecer os propósitos pedagógicos para o uso da HC no ensino; - 2: Explicitar a concepção pretendida sobre a prática científica e/ou os aspectos metafísicos.

Fonte: Adaptado de FORATO, 2009, p. 188-196 (vol. 1).

As duas primeiras ponderações dizem respeito a se explicitar os objetivos sobre os conteúdos científicos, epistemológicos, questões sociais, direitos humanos e as competências pedagógicas visadas, para, com isso, buscar a consistência com as demais escolhas:

P1: Estabelecer os propósitos pedagógicos para o uso da HC no ensino;

- Propor uma abordagem para um episódio da história da espectroscopia, especificadamente sobre as contribuições de Niels Bohr, para contextualizar historicamente conceitos de FMC de modo a permitir, também, reflexões sobre a prática científica.

Os conceitos científicos que podem ser trabalhados com o estudo desse episódio são:

- Favorecer a compreensão sobre as relações existentes entre os modelos atômicos, as linhas espectrais e o fato de a energia de transposição ser uma grandeza discreta;
- Favorecer o aprendizado de conceitos físicos e químicos como: formação dos elementos químicos (terrestres e celestes); séries espectrais (Balmer, Paschen, Rydberg); aspectos de alguns modelos atômicos do final do século XIX e início do século XX (J. J. Thomson, Hantaro Nagaoka, E. Rutherford, J. W. Nicholson e Niels Bohr); formação das linhas de emissão do espectro do hidrogênio.

As habilidades e competências desejadas com o uso desse episódio histórico:

- Realizar leitura crítica de um texto sobre a HC; trabalhar em grupo; aprimorar a habilidade para refletir, argumentar e debater sobre aspectos da prática científica; aprimorar a capacidade da escrita. Tais objetivos serão mobilizados com o uso do texto e das atividades a serem desenvolvidas.

P2: Explicitar a concepção sobre a prática científica adotada e/ou os aspectos metafísicos.

Apesar de haver muitos aspectos epistêmicos e não epistêmicos que poderiam ser explorados no episódio, optou-se por destacar os que surgiram a partir das fontes primárias e secundárias, que estivessem intimamente relacionados aos conteúdos conceituais de física e química, de modo a estimular o uso deste texto histórico em diferentes disciplinas da formação de professores. Segundo Forato; Bagdonas e Testoni (2017), é importante que cada enfoque para os documentos históricos permita exemplificar aspectos da NDC intrínsecos ao recorte adotado, para evitar que se fomente uma visão essencialista das ciências, como se uma relação de aspectos pré-definidos fossem permanentes e absolutos, para toda e qualquer ciência, em toda e qualquer época e contexto. Destacamos alguns aspectos epistêmicos e não epistêmicos da prática científica ou NDC, tais como:

- A ciência como um empreendimento coletivo e não de um produto de *insights*²⁵ de um “gênio isolado”. No episódio apresentamos personagens que são excluídos dos livros textos, mas foram importantes para o desenvolvimento das teorias, como é o caso dos modelos saturniano de Nagaoka e o de J. W. Nicholson.
- A influência do prestígio de pesquisadores no desenvolvimento da ciência, como o fato de Thomson ser diretor do Laboratório de Cambridge e gozar de prestígio na comunidade científica europeia, enquanto Nagaoka não ser europeu e nem ser conhecido naquele ambiente científico.
- A ciência não está pronta e acabada, ou seja, não é um conhecimento estático, mas sim mutável, provisório e possui limitações. Como mostram os documentos históricos, a teoria de Bohr sobre a interpretação dos espectros de átomos com mais de um elétron é limitada. Os modelos de interpretação da matéria tinham lacunas em sua construção, o que requer aprimoramentos, refutações, retomadas de concepções descartadas, etc.;
- A influência de questões pessoais no desenvolvimento da ciência, como o caso das relações pessoais do pai de Bohr para encaminhá-lo a diferentes pesquisadores de prestígio e em centros de pesquisa relevantes, como foi o caso dos contatos feitos por James Lorrain Smith, que foi aluno de Christian Bohr (pai de Bohr) na Universidade de Copenhague, que apresentou Bohr para Rutherford. Este, recebeu-o em seu

²⁵ Ideia de que o conhecimento científico como sendo fruto do acaso, produzido por pessoas que “descobrem verdades universais” observando fatos corriqueiros, por meio de *insights*. Com isso, são ignorados inúmeros fatores, como, por exemplo, o papel dos erros e das controvérsias, a contribuição do debate entre diferentes teorias, os diversos pensadores que trabalharam no assunto, a influência de fatores sociais, políticos, econômicos, ou quaisquer outros que possam ter contribuído para o desenvolvimento da ciência, são simplesmente ignorados. (FORATO; PIETROCOLA; MASRTINS, 2011, p. 39). A palavra *Insight* é um substantivo com origem no idioma inglês e tem o significado de compreensão súbita de alguma coisa ou determinada situação.

laboratório e era editor do periódico na época em que Bohr publicou sua trilogia, e ainda o ajudou com o idioma inglês;

- A influência de concepções teóricas prévias na observação e experimentação, como o caso do experimento de partículas alfa de Rutherford;
- A interpretação de resultados empíricos e matemáticos, como o caso do modelo atômico de Bohr;
- A não existência de um único método científico. Vimos que muitas vezes os cientistas utilizam diferentes métodos e, algumas vezes, acabam chegando a resultados parecidos, como é o caso das teorias atômicas de Nicholson e Bohr;
- As questões regionais de nacionalidade e a própria língua influencia no sucesso ou fracasso de uma teoria/ideia;
- A ciência é um conhecimento mutável, provisório e possui limitações;
- A ciência é um conhecimento sócio-histórico.

Quadro 5 - Definição do recorte e enfoque para o episódio histórico.

Adequando a história da ciência ao ambiente escolar	Ponderações ou parâmetros para reflexão e análise
<ul style="list-style-type: none"> - Quais conteúdos do episódio podem ser utilizados para discutir conceitos científicos? - Quais conteúdos do episódio podem ser excluídos sem prejudicar os objetivos para aprendizagem de conceitos? - Quais conteúdos podem exemplificar os aspectos da prática científica? - Quais conteúdos podem ser excluídos, sem prejudicar a visão da prática científica que quero trabalhar com os licenciandos? 	<ul style="list-style-type: none"> - 3: Selecionar o tema e o(s) episódio(s) histórico(s) apropriado(s) aos objetivos; - 4: Selecionar os aspectos a enfatizar e a omitir em cada conteúdo da HC; - 5: Confrontar os aspectos omitidos com a visão da prática científica e os conteúdos metacientíficos objetivados; - 6: Definir o nível de detalhamento do contexto não científico a ser tratado; mediar as simplificações e omissões, pois enfatizar a influência de aspectos não científicos (ou subjetivos) pode promover interpretações relativistas externas.

Fonte: Adaptado de FORATO, 2009, p. 188-196 (vol. 1).

Essas quatro ponderações dizem respeito à definição do recorte histórico e seu enfoque, buscando que a abordagem histórica adotada seja coerente com os objetivos e com a visão da prática científica definidos nos dois primeiros parâmetros.

P3: Selecionar o tema e o(s) episódio(s) histórico(s) apropriado(s) aos objetivos:

- Os objetivos propostos almejam contextualizar historicamente conceitos de FMC, de modo a permitir, também, reflexões, discussões sobre a prática científica ou da NDC. No estudo desse episódio procuramos compreender quais foram as influências de Bohr na elaboração de sua teoria espectral.

P4: Selecionar os aspectos a enfatizar e a omitir em cada conteúdo da HC

Enfatizaram-se os seguintes aspectos:

- As relações pessoais entre Thomson-Rutherford-Bohr, pois acreditamos que estas podem ter influenciado Bohr na escolha de seu modelo atômico de partida. Tais relações foram importantes para os aspectos sobre a prática científica que enfocamos;
- Destacou-se um pouco dos modelos atômicos do início do século XX, pois acreditamos que a compreensão desses seja fundamental para entender o trabalho proposto por Bohr, especialmente dois modelos pouco explorados em materiais didáticos, buscando a importância do modelo saturniano de Hantaro Nagaoka e as contribuições dos estudos de John William Nicholson para a elaboração do modelo atômico de Bohr.
- Aspectos referentes a espectroscopia foram inseridos para esclarecer os pressupostos teóricos utilizados por Bohr e a relação entre a teoria e os resultados experimentais.

Houve vários aspectos que foram omitidos nesse episódio histórico, como por exemplo:

- Foram omitidos os estudos sobre a radiação de corpo negro, pois o uso dos resultados obtidos por Planck foi suficiente para atingir os objetivos;
- Os cálculos feitos por Bohr na sua trilogia sobre a constituição de átomos e moléculas;
- As partes II e III da trilogia (Bohr, 1913b, 1913c), também não foram detalhadas, pois o foco do episódio era mostrar as contribuições do Bohr para o estudo da espectroscopia, e esse tema em específico está mais detalhado na primeira parte das publicações na *Philosophical Magazine*, onde ele relaciona os seus estudos com as séries espectrais de Balmer, Rydberg, dentre outros. Na segunda parte da trilogia, ele projeta modelos dos átomos mais pesados, imaginando-os como sistemas planos de elétrons girando em torno do núcleo (KRAGH, 2013). Já na terceira parte, ele se preocupa com as moléculas, tratando sobre a ligação entre os átomos (LOPES, 2009). Tais aprofundamentos foram omitidos sem prejudicar os objetivos visados;
- As pesquisas sobre a interpretação quântica teórica para os efeitos magnéticos foram omitidas. É importante destacar que o próprio Bohr em sua trilogia também omite esse tema, além de outros, porque seu texto estava muito extenso, de acordo com Rutherford, que na época era editor da revista *Philosophical Magazine* – onde foram publicados os artigos da trilogia (HOYER, 1981);

- Boa parte das modificações que ocorreram ao modelo atômico de Bohr após a Primeira Guerra Mundial foram omitidas, pois requereria um texto maior e mais tempo didático para explicar o episódio, que já se mostrou complexo no recorte estabelecido.
- Não foram consideradas as pesquisas realizadas por Bohr e outros cientistas sobre os efeitos Stark e Zeeman;
- Não foram aprofundadas discussões sobre a teoria dos elétrons e a explicação das propriedades físicas dos metais estudadas por Bohr desde o seu doutorado;
- Os modelos atômicos propostos por J. J. Thomson antes daquele de 1904, pois este foi o modelo dele que ficou mais conhecido e, segundo Kragh (2010), era o mais importante dos modelos que continham elétrons em sua constituição;
- Parte das pesquisas sobre os estudos da espectroscopia a partir da segunda metade do século XIX.

P5: Confrontar os aspectos omitidos com a visão da prática científica e os conteúdos metacientíficos objetivados:

- Acredita-se que esses aspectos omitidos/excluídos não comprometeram os objetivos pedagógicos e epistemológicos almejados, pois os aspectos enfatizados/destacados no decorrer do episódio foram suficientes para mostrar aspectos da prática científica e do contexto histórico do qual os cientistas estavam inseridos.

P6: Definir o nível de detalhamento do contexto não científico a ser tratado; mediar as simplificações e omissões, pois enfatizar a influência de aspectos não científicos pode promover interpretações relativistas externas.

- Os aspectos apresentados parecem mostrar uma pluralidade de hipóteses, modelos, teorias ou ideias e tentamos mostrar como essas ideias estavam vinculadas com o contexto científico da época, adotando métodos de pesquisa validados pela comunidade. Como contraponto a uma possível visão apenas epistêmica, destacamos aspectos sociais e políticos, mostrando a física como um elemento da cultura (ZANETIC, 2006).

Quadro 6 - Problematizando estereótipos, mitos e preconceitos.

Adequando a história da ciência ao ambiente escolar	Ponderações ou parâmetros para reflexão e análise
- A narrativa está promovendo juízos de valor, estereótipos, anacronismos?	- P7: Abordar diacronicamente os conteúdos da HC de difícil compreensão atualmente:

<p>Desconsiderando o contexto e fomentando conclusões ingênuas e reducionistas sobre os pensadores e sobre a ciência? A narrativa esta consistente com a visão de ciência estabelecida nos objetivos?</p> <ul style="list-style-type: none"> - O episódio apresenta debates e controvérsias na ciência, a pluralidade metodológica, a coletividade, os erros, os problemas que originaram ideias e a limitação das teorias sobre aspectos em aberto? 	<p>interessante estabelecer relação entre resultados relevantes para a construção da ciência com conteúdos descartados ou atualmente considerados “esquisitos”;</p> <ul style="list-style-type: none"> - P8: Abordar diacronicamente diferentes concepções de ciência e o pensamento dos filósofos, filósofos naturais e cientistas de distintos períodos e civilizações: Apresentar vários pensadores contemporâneos trabalhando com os mesmos pressupostos metodológicos pode auxiliar a crítica ao preconceito e ao anacronismo; - P9: Apresentar exemplos de teorias superadas em diferentes contextos culturais permite criticar ideias ingênuas sobre história e epistemologia da ciência, como a possível concepção de que a ciência atual pode resolver todos os problemas.
---	---

Fonte: Adaptado de FORATO, 2009, p. 188-196 (vol. 1).

As ponderações 7, 8, e 9 serviram para evitar juízos de valor, conclusões ingênuas e anacronismo.

P7: Abordar diacronicamente os conteúdos da HC de difícil compreensão atualmente: interessante estabelecer relação entre resultados relevantes para a construção da ciência com conteúdos descartados ou atualmente considerados “esquisitos”:

- Vimos que algumas concepções foram descartadas, como é caso da emissão contínua de energia. Entretanto, para a época, essa ideia era plausível e bem fundamentada, até que começaram a aparecer divergências entre os dados experimentais e teóricos obtidos;
- Como também foi o caso do modelo atômico de J. J. Thomson, que na época era bem aceito pela comunidade científica, principalmente entre os químicos, pois era necessário um modelo estável para a explicação de outros fenômenos químicos. Esse modelo de Thomson começou a ser questionado depois dos experimentos sobre o bombardeamento de partículas alfa. Hoje, mediante os modelos atuais, os estudantes podem considerar esquisito imaginar o átomo como um pudim de massa positiva, com partículas elétricas negativas incrustadas. Desse modo, é possível discutir com os licenciandos o caráter provisório da ciência, a não linearidade, a adequação de diferentes concepções aos seus contextos históricos, dentre outros fatores que problematizam o anacronismo.

P8: Abordar diacronicamente diferentes concepções de ciência e o pensamento dos filósofos, filósofos naturais e cientistas de distintos períodos e civilizações: Apresentar vários

pensadores contemporâneos trabalhando com os mesmos pressupostos metodológicos pode auxiliar a crítica ao preconceito e ao anacronismo:

- Ao longo do episódio mostramos as influências e contribuições de outros cientistas para a formulação de ideias/hipóteses para interpretação de diversos fenômenos. Como foi o caso das formulações de Rutherford, Bohr, Thomson, Nicholson, Rydberg, dentre outros cientistas. Isso faz com que não fomentemos uma visão de “gênio isolado”, descobertas súbitas e ocasionais, *insights* geniais e outras visões ingênuas sobre a prática científica.

P9: Apresentar exemplos de teorias superadas em diferentes contextos culturais permite criticar ideias ingênuas sobre história e epistemologia da ciência, como a possível concepção de que a ciência atual pode resolver todos os problemas:

- Considera-se interessante apresentar aos licenciandos as controvérsias que existiram no final do século XIX sobre contínuo e descontínuo. Mostra-se, assim, as concepções de ciências da época e os debates que estavam ocorrendo. Apresentar também as diferentes ideias de modelos atômicos, mesmo que o modelo atualmente aceito não seja nenhum desses; inclusive, é interessante comentar sobre as diferentes interpretações da mecânica quântica, mostrando limitações, mesmo na ciência atual. O conteúdo presente nesse episódio poderia ser abordado em algumas disciplinas da graduação²⁶, como: Estrutura da Matéria, onde são apresentados os estudos de Planck, Einstein e da espectroscopia; Introdução a Mecânica Quântica, quando é apresentado o átomo de Bohr e os estudos sobre a quantização da energia, e, nas Práticas Pedagógicas de Física II, para contemplar como um dos temas sobre a inserção da HC na escola básica.

Quadro 7 - Pensando na construção de textos para os licenciandos.

Adequando a história da ciência ao ambiente escolar	Ponderações e parâmetros para reflexão e análise
<ul style="list-style-type: none"> - Incluir partes das citações de Bohr (fontes primárias) no texto poderá favorecer os meus objetivos? - Como evitar a imagem de ciência pronta, pautada em verdades imutáveis e absolutas ou as visões ingênuas? - Como apresentar os debates e controvérsias presentes na ciência, bem como a pluralidade metodológica, a coletividade, os 	<ul style="list-style-type: none"> - P10: Ponderar sobre o uso de fontes primárias na escola básica: se, quando, quanto e como introduzi-las. Importante recorrer ao apoio de fontes secundárias especializadas; - P11: Definir o nível de profundidade e formulação discursiva dos conteúdos metacientíficos; - P12: Ponderar sobre a quantidade e

²⁶ Graduação em Ciências-Licenciatura (com habilitação em Biologia, Física, Matemática ou Química) da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Que é onde o episódio será aplicado.

erros e as limitações das teorias? - Qual a extensão do texto para os estudantes, para o meu contexto educacional? - Quais aspectos do episódio podem despertar o interesse dos licenciandos?	profundidade dos textos históricos para cada contexto educacional; - P13: Defender uma nova ideia conflitante com aquelas predominantes no repertório cultural dos estudantes requer o uso de estratégias capazes de criar desconforto, conflitos que permitam a reflexão sobre visões e crenças preestabelecidas sobre as ciências; - P14: Ter em mente as diferentes funções sociais do conhecimento acadêmico e dos saberes escolares da escola básica, permite minimizar o dilema das simplificações e omissões; - P15: Escolher temas da HC que despertem a curiosidade da faixa etária pretendida. A escolha não pode considerar apenas critérios historiográficos.
---	--

Fonte: Adaptado de FORATO, 2009, p. 188-196 (vol. 1).

As ponderações 10, 11, 12, 13, 14 e 15, auxiliam na reflexão sobre a construção da proposta didática aplicada para um grupo de licenciandos em ciências (física e química).

P10: Ponderar sobre o uso de fontes primárias na escola básica: se, quando, quanto e como introduzi-las. Importante recorrer ao apoio de fontes secundárias especializadas;

- Como o texto (episódio histórico) foi escrito para aplicação no ensino superior (licenciandos em ciências), consideramos relevante o uso de trechos da obra de Niels Bohr e de outros cientistas. Eles auxiliaram nas discussões sobre os conceitos envolvidos, nas citações de outros cientistas e no debate de ideias entre eles. Os textos originais estão escritos em inglês, apesar de Niels Bohr ser dinamarquês, com exceção de algumas cartas enviadas à sua família (principalmente a seu irmão Harald), que estão em dinamarquês e foram traduzidas para o inglês na coletânea sobre os trabalhos de Niels (*Niels Bohr Collected Works – Volume 1 Early Work (1905-1911)*), da qual o editor geral foi o L. Rosenfeld, e editado por J. R. Nielsen.

As próximas ponderações foram realizadas em conjunto com o desenvolvimento das atividades da proposta didática, aplicada. Além dessas ponderações, utilizamos outros referenciais para a elaboração das atividades pedagógicas propostas durante a implementação da proposta didática.

P11: Definir o nível de profundidade e formulação discursiva dos conteúdos metacientíficos;

- Tratando-se de um texto para o ensino superior, artigos científicos são adequados e bem-vindos à formação inicial de professores.

P12: Ponderar sobre a quantidade e profundidade dos textos históricos para cada contexto educacional;

- Em função das atividades didáticas, elaborou-se um texto histórico de 20 páginas, para introduzir o tema, que fez parte do artigo publicado no CBEF (VASCONCELOS; FORATO, 2018).

P13: Defender uma nova ideia conflitante com aquelas predominantes no repertório cultural dos estudantes requer o uso de estratégias capazes de criar desconforto, conflitos que permitam a reflexão sobre visões e crenças preestabelecidas sobre as ciências;

- Para o ambiente de uma graduação em ciências, apresentar diferentes teorias, modelos e experimentos, bem como o debate entre cientistas, os aspectos sociais e pessoais interferindo na ciência, criou certo conflito com as visões mais conhecidas pelos licenciandos.

P14: Ter em mente as diferentes funções sociais do conhecimento acadêmico e dos saberes escolares da escola básica permite minimizar o dilema das simplificações e omissões;

- Foi necessário simplificar o episódio histórico, para adequá-lo ao tempo didático de sala de aula. Entretanto, desenvolveu-se uma proposta que possa ser adaptada pelo docente formador, em função da disciplina em que foi implementada.

P15: Escolher temas da HC que despertem a curiosidade da faixa etária pretendida. A escolha não pode considerar apenas critérios historiográficos.

- Introdução à FMC e à química contemporânea costuma despertar o interesse em estudantes que optaram por essas carreiras científicas.

Quadro 8 - Escolha das estratégias e recursos didáticos.

Adequando a história da ciência ao ambiente escolar	Ponderações e parâmetros para reflexão e análise
<ul style="list-style-type: none"> - Como explorar os recursos didáticos que podem auxiliar na didatização desse conteúdo específico – simulações e imagens, júri simulado, filmes comerciais ou didáticos, teatro, exposições, reprodução de experimentos históricos – sem negligenciar os conteúdos científicos e formativos? - Quais atividades podem auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos considerando possíveis lacunas? 	<ul style="list-style-type: none"> - P16: Avaliar atividades (animações, vídeos, filmes, simuladores, experimentos, modelos...) que podem ajudar a superar ou contornar a ausência de pré-requisitos nos conhecimentos científicos ou epistemológicos; - P17: Permitir aos estudantes vivenciar aspectos dos debates e controvérsias entre teorias rivais favorece a compreensão de aspectos epistemológicos e metacientíficos; - P18: Uma linha do tempo com eventos

<ul style="list-style-type: none"> - Quais atividades favorecem o posicionamento frente a questões controversas? - Quais atividades podem apresentar o contexto histórico, político, econômico, artístico do episódio histórico? - Quais atividades podem apresentar as relações do conhecimento científico desenvolvido por vários cientistas no contexto político, social, cultural em que eles vivem; - Quais atividades podem introduzir a matematização necessária? 	<p>históricos significativos, acompanhados respectivamente por filmes comerciais, pode auxiliar no dilema extensão x profundidade, desde que a abordagem histórica seja diacrônica;</p> <ul style="list-style-type: none"> - P19: Questionar cada mensagem objetivada sobre conteúdos metacientíficos em diferentes atividades didáticas e distintos episódios históricos; - P20: Compensar a falta de preparo do professor para lidar com saberes da HC na sala de aula inclui prepará-lo para identificar e problematizar narrativas históricas whigs e manifestações anacrônicas. Incluir orientações sobre ideias “inesperadas” e possíveis modos para se lidar com elas.
--	---

Fonte: Adaptado de FORATO, 2009, p. 188-196 (vol. 1).

As últimas cinco ponderações 16, 17, 18, 19 e 20, são referentes às reflexões sobre as escolhas das estratégias e os recursos didáticos adequados, mobilizados na elaboração das atividades didáticas.

P16: Avaliar atividades (animações, vídeos, filmes, simuladores, experimentos, modelos...) que podem ajudar a superar ou contornar a ausência de pré-requisitos nos conhecimentos científicos ou epistemológicos;

- Uso do documentário “O Átomo – episódio 1: Choque de Titãs” para introdução do tema e a atividade “Tem fundamento ou não” com o objetivo de verificar as concepções prévias dos licenciandos sobre aspectos da NDC;
- Aulas com o uso de slides apresentando diversas imagens e pequenas informações para contextualizar o episódio histórico selecionado;
- Utilização do recorte histórico denominado “Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores”, para contextualizar historicamente conceitos de FMC, de modo a permitir também reflexões sobre a prática científica, utilizando o modelo de Niels Bohr proposto em 1913;
- Selecionamos alguns artigos e capítulos de livros, para que os licenciandos possam conhecer exemplos de inserção da HC no ensino, mediante perspectivas historiográficas e educacionais atuais, para subsidiar na elaboração da proposta didática que foi elaborada pelos licenciandos;
- Atividade de avaliação pelos pares, com a utilização de um roteiro de avaliação dos planos de ensino para abordagem da HC na educação básica.

P17: Permitir aos estudantes vivenciar aspectos dos debates e controvérsias entre teorias rivais favorece a compreensão de aspectos epistemológicos e metacientíficos;

- No texto histórico utilizado, foram apresentadas algumas controvérsias sobre os modelos atômicos, no início do século XX, pois predominavam duas concepções de matéria que permeavam diferentes modelos e explicações, havia cientistas que a consideravam contínua em oposição aos adeptos de uma visão particulada, apesar de serem contemporâneos, além disso, foram mostrados os debates que ocorreram entre Niels Bohr e John William Nicholson, entre J. J. Thomson e Niels Bohr, dentre outros aspectos.

P18: Uma linha do tempo com eventos históricos significativos, acompanhados respectivamente por filmes comerciais, pode auxiliar no dilema extensão x profundidade, desde que a abordagem histórica seja diacrônica;

- Nesta proposta didática, não utilizamos uma linha do tempo, devido ao pouco tempo disponível para o tema da HC na carga horária da disciplina. Foi necessário escolher atividades para as aulas disponíveis e, como os licenciandos já haviam trabalhado com linha do tempo em Prática Pedagógica de Física I, outra atividade desse tipo foi descartada.

P19: Questionar cada mensagem objetivada sobre conteúdos metacientíficos em diferentes atividades didáticas e distintos episódios históricos;

- Mostrar os diferentes modelos atômicos propostos no início do século XX mostra que um mesmo fenômeno pode ter diferentes explicações, e que não raramente são fatores sociais ou políticos que favorecem a aceitação de uma ou outra teoria;
- Várias das atividades didáticas enfatizavam a pluralidade metodológica da ciência, a influência da teoria na observação, os fatores sociais envolvidos nos relacionamentos entre cientistas, a influência do prestígio de pesquisadores na aceitação de teorias, as cartas trocadas revelando mudanças de ideias e interesses pessoais;
- Nesse caso, o recorte enfocou apenas o episódio de Bohr, mas foi possível utilizar mais de um exemplo, para ilustrar cada mensagem não epistêmica.

P20: Compensar a falta de preparo do professor para lidar com saberes da HC na sala de aula inclui prepará-lo para identificar e problematizar narrativas históricas whigs²⁷ e manifestações anacrônicas. Incluir orientações sobre ideias “inesperadas” e possíveis modos para se lidar com elas.

- No caso desta aplicação específica, a docente responsável pela disciplina é historiadora das ciências e orientadora dessa pesquisa. Além disso, é a autora do projeto Universal, que vem avaliando a inserção da HC na formação dos licenciandos, do qual essa dissertação busca ser um desdobramento. As aulas foram também conduzidas pela autora desta dissertação, o que pressupõe que essas dificuldades mencionadas no parâmetro 20, não ocorreram. Para o caso de outro docente utilizar o material, elaboramos uma narrativa histórica exemplificando possíveis aspectos anacrônicos presentes nos modelos atômicos, como o fato de Rutherford não utilizar os termos “elétron” e “próton”. Além disso, apontamos outros aspectos de pseudo-história envolvidos no episódio sobre os modelos atômicos do início do século XX. Procuramos refutar aquela visão linear e simplista dos modelos atômicos apresentados na maioria dos livros textos de todos os níveis de ensino, oferecendo certa orientação para se lidar com a pseudo-história.

4.2. O desenvolvimento da proposta pedagógica

A construção da proposta pedagógica, denominada “Contribuições de Niels Bohr para a espectroscopia – Uma proposta de inserção da história das ciências na educação”, envolveu diferentes etapas, partindo dos referenciais teóricos para os usos didáticos da HC no ensino e na formação de professores (seção 1.1. e 1.2. respectivamente), bem como a escolha do tema (seção 1.3.); a presença de trabalhos sobre Niels Bohr em alguns periódicos da área de ensino de ciências e afins (1.4), o episódio histórico (capítulo 2), e teve como referencial teórico para a delimitação desse episódio os vinte ponderações estabelecidos em Forato (2009), como observamos no tópico anterior (3.1.1.). Todas essas etapas foram fundamentais para o desenvolvimento da proposta didática que será apresentada no próximo capítulo.

²⁷ O *whiggismo* é uma distorção da HC, o termo *whig* na história da ciência designa um tipo de história anacrônica que glorifica a genialidade de alguns personagens, em geral, batizadas de pais de inventos e campos de estudo. Tal construção desconsidera a complexidade do fazer científico, como a contribuição dos debates, de erros, de teorias superadas e mesmo de fatores extracientíficos no desenvolvimento da ciência (FORATO, 2009, p. 20).

Na elaboração da proposta didática buscou-se avançar em relação à proposta do projeto Universal que vinha sendo implementada, mas mantendo os fundamentos daquele projeto formativo, o apoio nos pilares e os objetivos pretendidos, apresentados na introdução dessa dissertação (páginas 13-23). Foram mantidos os objetivos de se oferecer elementos visando preparar o futuro professor para o uso da abordagem histórica das ciências, de modo que este possa promover em sua prática profissional o ensino e aprendizagem de conceitos científicos e reflexões sobre a NDC ou prática científica. A proposta anterior pode ser encontrada no Anexo A, mas comentaremos algumas mudanças abaixo, sendo que a nova proposta implementada em 2018 será melhor detalhada no capítulo 4 desta dissertação.

Na proposta anterior, referente ao ano de 2017, um dos objetivos era promover atividades didáticas que permitam aos licenciandos prospectar e reconhecer materiais historiográficos em perspectiva diacrônica e crítica, voltadas para o ambiente escolar, e poder compreender a pluralidade de metodologias e recursos didáticos em relação ao uso da HC no ensino (FORATO, 2019). Para contemplar esses pontos, a preparação para pensar a HC no ensino iniciou-se com atividades pré-aula: leitura de Martins (1990), “Como Becquerel não descobriu a radioatividade” e a realização do mapa colorido do texto. As atividades realizadas na aula 1 iniciaram com o levantamento das concepções prévias sobre os usos da HC no ensino, debate sobre o texto histórico e avaliação da adequação do texto para o ambiente escolar. Já a preparação para a segunda aula iniciou-se com a leitura do texto “Teoria da luz e natureza da ciência: elaboração e análise de curso aplicado no ensino médio” (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2008). A ideia era conhecer um exemplo de inserção da HC no ensino, mediante perspectivas historiográficas atuais. Na segunda aula, diferentes atividades foram propostas visando compreender e trabalhar com elementos necessários para auxiliar na elaboração dos planos de ensino sobre a introdução dos conteúdos do texto sobre história da relatividade (MARTINS, 1990), na escola básica. O fechamento da proposta foi a apresentação dos planos de ensino elaborados pelos licenciandos, mediante discussão com toda a sala.

Na elaboração da nova proposta didática para esta pesquisa, aplicada em 2018, buscou-se avançar em relação à proposta de 2017, conservando os embasamentos do projeto formativo e aprimorando algumas abordagens. Diferente da proposta anterior, a preparação para pensar a HC na educação básica começou com um roteiro para a análise do documentário da *BBC Four*: “O átomo – episódio 1: Choque de Titãs”. O objetivo de verificar as concepções prévias dos licenciandos buscando trazer reflexões sobre distorções dos

conhecimentos científicos e visões deformadas das ciências (GIL-PÉREZ et al., 2001; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Junto com o roteiro, foi indicada a leitura de Moura (2014), para ajudar a identificar aspectos da NDC presentes no vídeo. O emprego de recurso audiovisual (documentário), seguido por discussões, buscou trabalhar os temas do episódio histórico de maneira mais dinâmica e plural, recorrendo a uma linguagem mais próxima do dia-a-dia dos estudantes em relação àquela presente nos livros didáticos (SCHMIEDECKE; PORTO, 2017).

O texto histórico empregado na proposta didática de 2018 foi diferente do anterior: o texto sobre Becquerel (MARTINS, 1990) foi substituído pelo episódio sobre as contribuições de Niels Bohr no estudo da espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX (VASCONCELOS; FORATO, 2018). Essa troca foi motivada por diversos fatores. Esse tema possibilita inserir conteúdos de física quântica e química moderna na formação inicial de professores. A espectroscopia traz, ainda, inter-relações entre as disciplinas, pois esta provocou uma aproximação entre química, física e astronomia (LOPES, 2009). Além disso, ao longo desse episódio, influências e subsídios de outros cientistas para a formulação de ideias/hipóteses para interpretação de diversos fenômenos foram exibidos, favorecendo a explicitação de diversos aspectos da NDC, inclusive aspectos de relações pessoais, posições de poder na comunidade e questões de nacionalismo dos cientistas. A compreensão a respeito de diferentes ideias de modelos atômicos, mesmo que o modelo atualmente aceito não seja nenhum desses, contextualizou as concepções de ciências da época, os debates que estavam ocorrendo e permitiu promover uma reflexão sobre aspectos da prática científica ou de natureza da ciência pretendidos.

A escolha desses temas – radioatividade e modelos atômicos – se deve, ainda, ao fato de que ambos são recortes para física e química, pois a implementação da proposta didática incidiu em duas unidades curriculares: Práticas Pedagógicas de Física II e Práticas Pedagógicas de Química II, uma vez que alguns temas são compartilhados e ambas as docentes dividem a sala de aula, e um dos temas comuns em ambas as disciplinas é a inserção da HC na educação básica, como veremos no capítulo 4.

Buscando uma melhor compreensão do episódio histórico selecionado, foram elaboradas duas apresentações em *slides*: uma sobre distorções históricas e outra relacionada com os conteúdos do episódio histórico apresentadas no documentário. Como complemento, foi disponibilizado o texto “Introdução: a história das ciências e seus usos na educação” (MARTINS, 2006), e *slides* referentes aos benefícios e obstáculos sobre a HC no ensino.

A leitura e elaboração de questões sobre o texto: “Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores” (VASCONCELOS; FORATO, 2018), foi realizada antes da segunda aula, para que as discussões sobre as questões elaboradas pelos licenciandos sobre o episódio histórico estudado ocorressem na segunda aula da aplicação da proposta didática. A seguir, uma outra atividade buscava apresentar várias propostas didáticas diferentes, de pesquisas realizadas na última década, sobre o uso da HC no ensino. Diferente da proposta de 2017, foram selecionados mais exemplos de propostas didáticas utilizando a HC no ensino. Os licenciandos escolheram uma das bibliografias selecionadas para analisar a inserção dessa temática. Após a realização das etapas anteriores, foi disponibilizado um roteiro para ajudar na elaboração da proposta didática utilizando o texto de Vasconcelos e Forato (2018), diferente do que havia sido utilizado em 2017. Em ambos os anos, essa atividade buscava destacar elementos para ajudar os licenciandos na criação de uma proposta didática.

Além das mudanças destacadas nos parágrafos anteriores, o fechamento do bloco temático da disciplina também foi diferente, por causa das características e peculiaridades das turmas de aplicação: ao invés da socialização com o grupo por meio da apresentação das propostas didáticas por parte dos discentes, foi utilizada uma atividade de avaliação pelos pares. Cada licenciando entregava seu plano de ensino com um pseudônimo. Os planos eram distribuídos entre eles, que recebiam um roteiro para avaliar cada item e a consistência da proposta. Ao final, cada licenciando comentava sobre o plano que havia corrigido, sem a identificação do autor.

O plano de ensino, bem como a descrição das aulas e pré-aulas da proposta didática, é apresentado no próximo capítulo desta dissertação.

4.3. Coleta de dados

A coleta de dados é a fase da pesquisa em que se começa a aplicação dos instrumentos elaborados e dos métodos escolhidos, a fim de se efetuar a coleta dos dados previstos (MARCONI; LAKATOS, 2003). A metodologia geral utilizada para essa coleta fundamentou-se em uma abordagem qualitativa do tipo estudo de caso, a qual guiou o planejamento, a coleta e análise dos dados, pois tratou-se de uma análise voltada a uma situação específica e singular, com as características e particularidades do contexto de aplicação da proposta didática. A abordagem qualitativa em pesquisas educacionais apresenta

uma carga de valores, interesses e princípios pessoais que orientam o trabalho do pesquisador (ANDRÉ, 2013). Ainda segundo esta autora, para minimizar a influência desses valores pessoais, é necessário seguir o rigor do trabalho científico, recorrendo a critérios que atribuem a veracidade das informações levantadas.

Lüdke e André (1986) salientam que os estudos de caso podem resultar em vantagens, porque são apropriados a casos singulares sem, no entanto, se restringirem à possibilidade de novos estudos. Como é o caso no contexto de aplicação da proposta didática, “o estudo de caso é sempre bem delimitado, devendo ter seus contornos claramente definidos no desenrolar do estudo” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p. 17). Assim, ao se fazer uma pesquisa do tipo estudo de caso, pretende-se entender um caso específico, na tentativa de compreender como as coisas ocorrem e por que ocorrem (MOREIRA, 2016). Ou seja, o estudo de caso se caracteriza como um tipo de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa profundamente.

Durante a pesquisa foram utilizados diferentes instrumentos para a coleta de dados. De acordo com André (2010), a combinação de diferentes formas de coleta de dados representa um avanço nas pesquisas, pois tal variedade de fontes de coleta indica uma abordagem mais ampla das questões, o que traz maior riqueza para as pesquisas. Os instrumentos utilizados nesta pesquisa são: videografações das aulas; anotações de campo e materiais produzidos pelos participantes no decorrer da implementação da proposta didática (respostas do questionário sobre o documentário, planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica e avaliação dos planos de ensino por parte dos licenciandos – por meio da avaliação pelos pares).

As videografações ocorreram nas aulas das disciplinas de Práticas Pedagógicas de Física II e Práticas Pedagógicas de Química II, sendo 4 horas no vespertino e 4 horas no noturno, em 1 dia da semana, ao longo de 3 semanas. O uso de videografações, observação é um instrumento fidedigno de investigação científica (BELEI et al., 2008).

Outro instrumento de coleta de dados foi as anotações de campo. Segundo Lüdke e André (1986), alguns autores, como Patton (1980) e Bogdan e Biklen (1982), oferecem diversas sugestões sobre o que deve ser incluído nas anotações de campo. Segundo esses autores, o conteúdo das observações deve envolver uma parte descritiva e outra reflexiva. A parte descritiva refere-se a um registro detalhado do que ocorre “no campo”. Além disso, as anotações devem ser organizadas e também é necessário utilizar métodos rigorosos para validar suas observações.

Os instrumentos de coleta de dados descritos acima foram validados por meio da triangulação desses dados coletados. A triangulação é um dos aspectos fundamentais na metodologia qualitativa, que significa olhar para o mesmo fenômeno a partir de fontes distintas (ERICSON, 1998). Esse método é frequentemente utilizado para demonstrar validade em pesquisas científicas (OLLAK & ZILLER, 2012). A triangulação dos dados “pode envolver o uso de diferentes fontes de dados, diferentes perspectivas ou teorias, diferentes pesquisadores ou diferentes métodos; é uma resposta holística à questão da fidedignidade e da validade dos estudos interpretativos” (MOREIRA, 2016, p. 24).

No tópico a seguir é descrita a forma da análise de dados.

4.4. Forma de análise dos dados

Existem diferentes técnicas de organização e análise dos dados na pesquisa qualitativa, a utilizada neste trabalho foi a Análise de Conteúdo (AC), utilizada neste trabalho para analisar as anotações de campo, as videograções e as atividades realizadas no decorrer do curso. A AC, a partir de uma análise qualitativa, apresenta características particulares, adequada, sobretudo, na elaboração das deduções específicas sobre um acontecimento ou uma variável de inferência precisa, e não em inferências gerais, como é o caso da quantitativa (BARDIN, 1977). Além do mais, segundo esta autora, esta análise constitui-se em procedimentos sistemáticos e objetiva descrever o conteúdo das mensagens, indicadores que permitam a interferência dos resultados. É importante destacar que a análise qualitativa não rejeita toda e qualquer forma de quantificação, a diferença é que “o que caracteriza a análise qualitativa é o fato de a inferência – sempre que é realizado – ser fundada na presença do índice (tema, palavra, personagem, etc.), e não sobre a frequência da sua aparição, em cada comunicação individual” (BARDIN, 1977, p. 115).

A AC constitui-se em um conjunto de técnicas, que consistem na sistematização das mensagens e expressões do conteúdo, para colocar em evidência os indicadores que permitam inferir sobre outra realidade que não a mesma da mensagem (BARDIN, 1977). Oliveira (2008) cita os benefícios da utilização da AC:

Em termos de aplicação, a análise de conteúdo permite o acesso a diversos conteúdos, explícito ou não, presentes em um texto, sejam eles expressos na axiologia subjacente ao texto analisado; implicação do contexto político nos discursos; exploração da moralidade de dada época; análise das representações sociais sobre determinado objeto; inconsciente coletivo em determinado tema; repertório semântico ou sintático de determinado grupo social ou profissional;

análise da comunicação cotidiana seja ela verbal ou escrita, entre outros (OLIVEIRA, 2008, p. 570).

A organização da análise, de acordo com Bardin (1977), consiste em diferentes fases, que são:

- 1º fase: pré-análise;
- 2º fase: a exploração do material e
- 3º fase: o tratamento dos resultados, a interferência e a interpretação.

A primeira fase é a de organização dos dados coletados e leitura dos materiais coletados, que tem por objetivo sistematizar as ideias iniciais, de modo a escolher os documentos que serão submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e na elaboração dos indicadores que fundamentem a interpretação final (BARDIN, 1977). Esta fase também se constitui na preparação do material, pois antes da análise propriamente dita, o material deve ser preparado, por exemplo, se as gravações serão conservadas (utilização da transcrição); se as respostas das questões abertas serão anotadas em fichas, dentre outros fatores.

Após a primeira fase ser concluída, começa a segunda etapa, onde haverá a administração sistemática das decisões tomadas (BARDIN, 1977). Esta é a fase onde será feita a codificação, desconto ou enumeração. Para Bardin (1977), a codificação corresponde em:

“uma transformação – efetuada segundo regras precisas – dos dados brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo, ou da sua expressão, susceptível de esclarecer o analista acerca das características do texto, que podem servir de índices” (BARDIN, 1977, p. 103)

Portanto, nesta etapa será feita a categorização dos dados coletados mediante a codificação e a tabulação, que consiste em dispor os dados em tabelas, assim possibilitado uma maior facilidade na verificação das inter-relações entre esses (MARCONI; LAKATOS, 2003).

A categorização, segundo Bardin (1977, p. 117), corresponde a uma “classificação dos elementos constituído de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, pelo reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios já previamente definidos”. As categorias são rubricas ou classes, das quais reúnem um grupo de elementos (esse agrupamento é feito a partir de características comuns destes elementos), que são unidades de registro de acordo com a AC (BARDIN, 1977).

A última fase é aquela em que haverá o tratamento, a interferência e a interpretação desses dados, para que esses se tornem significativos e válidos. Esse tratamento pode ser por operações estatísticas simples (porcentagens) ou até mesmo mais complexas. Isso permite o estabelecimento dos quadros de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais apresentam as informações fornecidas pela análise (BARDIN, 1977), além de ter etapas para as validações desses dados coletados.

5. A PROPOSTA DIDÁTICA

Neste capítulo é apresentado o contexto em que a proposta didática foi implementada, o plano de ensino desta intervenção didática, os referenciais teóricos da proposta, bem como o detalhamento da sua aplicação em cada um dos encontros e das pré-aulas.

5.1. O contexto em que a proposta foi implementada

Aplicou-se a proposta didática para um grupo de licenciandos do curso de Licenciatura em Ciências (com trajetória acadêmica em Física e Química) da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) – *campus* Diadema. Esse *campus* universitário está localizado na região metropolitana de São Paulo. O curso foi implementado em 2010, em um momento marcado por políticas de expansão universitária do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (Reuni)²⁸, que buscou ampliar o acesso e a permanência na educação superior; além disso, visou atender às necessidades do contexto socioeconômico da região de Diadema, assim contribuindo para o desenvolvimento científico e cultural deste local.

O sistema de entrada neste curso é pelo Sistema de Seleção Unificada (SISU)²⁹, que é informatizado, do Ministério da Educação, por meio do qual instituições públicas de ensino superior oferecem vagas a candidatos participantes do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem)³⁰. São ofertadas vagas nos períodos vespertino e noturno.

Este curso de Ciências-Licenciatura, segundo o site da instituição³¹, tem duração prevista de quatro (4) anos, já o prazo máximo para conclusão é de doze (12) semestres. A grade curricular do curso é organizada em dois ciclos e composta por quatro matrizes curriculares (trajetória em Biologia, Física, Química e Matemática). Nos primeiros dois (2) anos há um ciclo básico comum, este é composto por unidades curriculares chamadas básicas, que contemplam as quatro áreas de conhecimento, bem como disciplinas da área das humanidades (Introdução aos Estudos em Educação; Didática; Psicologia da Educação; Teoria do Conhecimento; Políticas Públicas, dentre outras) e, nos dois últimos anos, o estudante opta por uma das quatro trajetórias acadêmicas disponíveis: Biologia, Física,

²⁸ Para mais informações sobre o Reuni, acesse: <http://portal.mec.gov.br/reuni-sp-93318841>.

²⁹ Para mais informações sobre o SISU, acesse: <http://sisu.mec.gov.br/inicial>.

³⁰ Para mais informações sobre o Enem, acesse: <https://enem.inep.gov.br/>.

³¹ Para mais informações sobre o curso de Ciências-Licenciatura, acesse: <http://ciencias.sites.unifesp.br/>.

Química ou Matemática, e são disponibilizadas unidades curriculares obrigatórias em cada uma das trajetórias. Além dessa grade obrigatória, os estudantes precisam cursar disciplinas eletivas, estágios supervisionados e o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), além das atividades complementares.

É importante destacar que a autora desta pesquisa de mestrado formou-se nesse curso, optando pela trajetória acadêmica em Física. Esse fato favoreceu a idealização e implementação da proposta didática neste contexto de pesquisa³².

O objetivo do curso é formar professores de ciências, com uma formação científica que perpassa diferentes áreas do conhecimento, bem como nas áreas das humanidades necessárias para a formação docente, ou seja, busca formar professores que poderão atuar no Ensino Fundamental II e no EM. As duas vertentes principais deste curso de Ciências – Licenciatura, segundo o *site* da instituição³³, é proporcionar uma integração entre essas diferentes áreas do conhecimento e uma formação de professores “capazes de pensar e agir de forma crítica perante os problemas do contexto social, atentos às necessidades da sociedade e capazes de integrar o embasamento teórico-prático com a discussão crítica e dialética do conhecimento, de forma a favorecer a aprendizagem do estudante”.

Assim, levando em consideração os aspectos específicos deste curso de Ciências-Licenciatura, a implementação da proposta didática incidiu nos dois períodos (vespertino e noturno), durante três encontros, que ocorreram em 03 de maio de 2018, 10 de maio de 2018 e 17 de maio de 2018, nas unidades curriculares de Práticas Pedagógicas de Física II (PPF II) e Práticas Pedagógicas de Química II (PPQ II). As três aulas foram implementadas pela mestranda responsável por essa pesquisa e pela docente responsável pela disciplina de PPF II e a orientadora desta pesquisa de mestrado, Profa. Dra. Thaís Cyrino de Mello Forato.

As unidades curriculares PPF II e PPQ II buscam oferecer múltiplas abordagens didáticas e pedagógicas, visando fomentar a criticidade, assim favorecendo a formação de um professor reflexivo (PIMENTA; GHEDIN, 2012). Algumas temáticas abordadas nestas unidades curriculares são comuns em ambas as disciplinas, pois, sendo um curso com foco na interdisciplinaridade e por serem disciplinas com ementas semelhantes, as docentes responsáveis integram as duas turmas em parte do semestre, proporcionando aulas em conjunto, nos temas: abordagens CTS; Alfabetização Científica e HC, com intuito de

³² É interessante destacar que a autora da dissertação cursou a disciplina de Práticas Pedagógicas de Física II em 2015, vivenciando uma das propostas de formação dos licenciados, para os usos da HC no ensino de ciências, no escopo do projeto Universal, do qual a presente pesquisa desdobra-se. Esse contato com a HC pode ter sido um dos fatores que influenciaram pela escolha deste tema para a pesquisa de mestrado.

³³ Disponível em: <http://ciencias.sites.unifesp.br/>. Acesso em: 04/05/2019.

promover o diálogo e a troca de saberes entre as duas áreas. A proposta foi aplicada em um dos temas comuns a ambas as disciplinas, sobre a inserção da HC no ensino, que busca mostrar a HC como um recurso para a compreensão do fazer ciências e a física e a química como construção sócio-histórica. Os quadros a seguir mostram uma síntese dos planos de ensino de ambas as disciplinas, nas quais a proposta foi implementada:

Quadro 9 - Conteúdo programático - Práticas Pedagógicas de Física II.

Unidade Curricular:
Curso: Ciências – Licenciatura Ano Letivo: 2018 Unidade Curricular: Práticas Pedagógicas de Física II Série/Termo: 7º Turno: V/N Semestre: 1 Carga horaria 72h (18h teórica e 56h prática)
Objetivos Gerais:
Espera-se que os estudantes: <ul style="list-style-type: none"> - Aprofundem-se na discussão da cultura escolar, compreendo-a como produtora de conhecimentos acerca da educação. - Compreendam questões atuais que perpassam o Ensino de Física voltadas para o desenvolvimento de habilidades e competências necessárias à prática docente reflexiva, fundamentada pela pesquisa; - Desenvolvam hábitos de aprendizagem permanente, entendendo a pesquisa como componente indissociável do seu fazer acadêmico; - Proponham abordagens interdisciplinares das ciências da natureza. - Conheçam e compreendam as variáveis relativas à Educação na contemporaneidade; - Relacionem conceitos físicos a contextos sociais, políticos, ambientais, tecnológicos e sua aplicação em outras disciplinas e aos desafios técnico-científicos do século XXI; - Entendam a relação entre o desenvolvimento histórico das ciências da natureza e o desenvolvimento tecnológico, compreendendo a ciência como construção socio-histórica e como isso impacta sua futura prática docente.
Objetivos Específicos:
Espera-se que os estudantes: <ul style="list-style-type: none"> - Compreendam e incorporem os pressupostos do professor reflexivo e pesquisador, em um ensino promotor dos direitos humanos; - Saibam analisar diferentes situações possíveis de ocorrer em aulas de Física na educação básica. - Interajam proativamente com referências teóricas, diferentes metodologias e recursos didáticos, visando desenvolver atividades multiabordagens e estratégias didáticas interdisciplinares e transdisciplinares para tratar conceitos científicos; - Desenvolvam atividades e aulas para o ensino médio envolvendo conteúdo científico, notadamente com o uso novas abordagens capazes de dialogarem com as grandes questões da educação contemporânea, em especial àquelas relacionadas à sociedade pós-industrial, envolvendo conteúdo científico: em perspectiva da relação ciência, tecnologia, sociedade (CTS); utilizando a história e filosofia das ciências (HFC); voltadas à inserção da física moderna e contemporânea (FMC).
Ementa:
O curso visa aprofundar a reflexão sobre a concepção da Educação em Ciências como instrumento para promoção dos Direitos Humanos e sobre as razões para um ensino de física que extrapole propósitos meramente propedêuticos. Visando agregar aos conteúdos específicos os seus aspectos metacientíficos, formativos e culturais, busca-se uma educação em, sobre e pela ciência, mediante uma concepção de Física enquanto constructo sociohistórico. Aprofundam-se, também, as discussões visando à autonomia docente mediante uma prática reflexiva, fundamentada pela pesquisa. Buscando a superação da dicotomia entre conteúdo e método, os desafios da sala de aula e da adolescência são discutidos à luz de referenciais teóricos atuais. Objetiva-se preparar o futuro professor para compreender a historicidade das ciências, especialmente da física, sem prescindir de perspectivas interdisciplinares e transdisciplinares, reconhecendo a complexidade dos fenômenos naturais e do empreendimento humano, temporal e local, para a construção de explicações. Os debates pautam-se na interação proativa com referências teóricas, visando desenvolver propostas didáticas interdisciplinares e transdisciplinares para o ensino médio envolvendo conteúdo científico. O curso tem como

uma de suas metas preparar o professor para o uso de novas abordagens capazes de dialogarem com as grandes questões da educação contemporânea, em especial àquelas relacionadas à sociedade pós-industrial, de modo a fundamentar propostas de ensino envolvendo conteúdo científico em perspectiva da relação ciência, tecnologia, sociedade (CTS); utilizando a história e filosofia das ciências (HFC); e, voltadas à inserção da física moderna e contemporânea (FMC) no Ensino Médio. A orientação metodológica é a socio-interacionista e passa pelo estudo de artigos científicos, pelo debate coletivo, no sentido de promover a articulação entre a teoria e a prática.

Conteúdo programático:

- 1 – Prática reflexiva pautada pela pesquisa
 - Objetivos, conteúdo e metodologia indissociáveis;
 - Professor reflexivo, professor pesquisador;
 - Localizando resultados de pesquisas em Ensino de Física;
- 2 – O ensino de física e as inúmeras dimensões do educar, notadamente o trabalho com adolescentes;
 - Os conteúdos científicos e os documentos oficiais.
 - Variáveis relativas à Educação na contemporaneidade
 - Aprendizado de conceitos, Mudança conceitual, Perfil conceitual
- 3 – Abordagem CTS e a Alfabetização científica no Ensino de Física
 - Impactos ambientais e sociais da tecnologia no cotidiano
 - Formando o cidadão para compreender a ciência em sua vida.
 - Inter e transdisciplinaridade nas abordagens CTS.
- 4 – A História e Filosofia das Ciências no Ensino de Física
 - História da ciência como recurso para a compreensão do fazer ciências
 - A física como constructo sociohistórico
 - Transdisciplinaridade nas abordagens históricas das ciências.
- 5 – A física moderna e contemporânea no Ensino de Física
 - Pensando a introdução da mecânica quântica no ensino médio.

Avaliação:

Avaliação continuada das atividades desenvolvidas ao longo do curso, voltadas aos conteúdos propostos, mediante os fundamentos teóricos estudados e os objetivos pedagógicos pontualmente estabelecidos nos planos de aula; apresentação de seminários; atividades escritas; análise crítica escrita de materiais didáticos; análise das aulas apresentadas pelos colegas.

Fonte: https://www3.unifesp.br/prograd/app_prograd/uc2/form_uc2/form_uc2.php

Quadro 10 - Conteúdo programático - Práticas Pedagógicas de Química II.

Unidade Curricular:

Curso: Ciências – Licenciatura
 Ano Letivo: 2018
 Unidade Curricular: Práticas Pedagógicas de Química II
 Série/Termo: 7º
 Turno: V/N Semestre: 1
 Carga horaria 72h (36h teórica e 36h prática)

Objetivo Geral:

- Conhecer e compreender as propostas de metodologias de ensino de Química.
- Relacionar conceitos fundamentais do conhecimento químico às questões sociais e tecnológicas.
- Compreender os elementos fundamentais para o desenvolvimento de abordagens interdisciplinares.
- Desenvolver propostas no sentido da superação da dicotomia entre método e conteúdo.
- Possibilitar o acesso aos meios necessários para o desenvolvimento de metodologias ativas para a educação em Química que permitam a vivência no processo de investigação científica. Introdução a pesquisa qualitativa.
- Desenvolver a capacidade de elaboração de materiais pedagógicos específicos para o meio no qual a educação em Química está sendo desenvolvida.

Objetivo Específico:

- Conhecer as concepções de ciência e de ensino de Química desenvolvidas historicamente.
- Compreender as propostas sobre o ensino de Química na perspectiva CTSA;
- Produzir sequências didáticas para o ensino da Química a partir de uma concepção de ensino específica e promover a reflexão sobre inclusão.
- Produzir materiais didáticos para a educação em Química.
- Conhecer, desenvolver, experimentar outros recursos para o ensino da Química como, por exemplo, os meios midiáticos, as visitas aos museus, os estudos do meio, os projetos de intervenção no meio

social, entre outros.
Ementa:
<ul style="list-style-type: none"> - Concepções de ensino de Química. - Temas geradores, contextualização, abordagem do cotidiano. - Reflexão sobre a inclusão no ensino de Química. - Estratégias de ensino associando ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. - Material didático para uso no ensino médio. - Desenvolvimento de práticas demonstrativas e experimentais adequadas a uma comunidade escolar específica.
Conteúdo programático:
<ul style="list-style-type: none"> - Concepções de ciência e de ensino de ciência baseadas no positivismo, no método intuitivo, nas abordagens descritivistas, no método de „redescoberta“, nas abordagens sociais, entre outros. - Abordagens interdisciplinares e transdisciplinares. - Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. - Sequências didáticas para o ensino da Química: bases teóricas, temas geradores, desenvolvimento e avaliação. - Materiais didáticos para a educação em Química: textos, materiais multimídia e materiais para a realização de experimentos. - Outros recursos para a educação em Química: visitas, entrevistas, pesquisas, entre outros. - Dinâmica sobre inclusão.
Avaliação:
Avaliação continuada por meio de diferentes instrumentos.

Fonte: https://www3.unifesp.br/prograd/app_prograd/uc2/form_uc2/form_uc2.php

Estas duas unidades curriculares, PPF II e PPQ II, fazem parte da matriz curricular específica para os estudantes que optou pelas trajetórias em Física e Química, respectivamente, entretanto, pode ser cursada como disciplina eletiva por estudantes de outras áreas. No quadro a seguir é mostrado os participantes por área de estudo:

Tabela 5 - Participantes por área de estudo nessas aulas compartilhadas.

Trajetória escolhida	Participantes
Física	7
Química	7
Matemática	2
Total	16

Fonte: Elaborada pela autora.

Observa-se na tabela acima que o número de participantes é reduzido, por se tratar de unidades curriculares cursadas no último ano da graduação e já estarem em sua trajetória específica (Física e Química). Além dos licenciandos que optaram por estas trajetórias, também participaram dois licenciandos que optaram pela trajetória em Matemática. Ambos estavam fazendo PPF II como uma disciplina optativa. No quadro abaixo é detalhado o número de participantes por encontro:

Tabela 6 - Número de participantes por encontro nessas aulas compartilhadas.

	Encontro		
	Primeiro encontro (03/05/2018)	Segundo encontro (10/05/2019)	Terceiro encontro (17/05/2018)
Nº de participantes	15	13	15

Fonte: Elaborada pela autora.

Como podemos observar, o número de participantes nos três encontros (vespertino e noturno), tinha em média 14 alunos. Isso acontece porque boa parte dos licenciandos que cursavam a disciplina no período noturno trabalhava em outros períodos, seja na área da educação ou em outras áreas. Além desse fato, os participantes da pesquisa eram onze (11) homens e cinco (5) mulheres, de faixas etárias, tanto licenciandos com um pouco mais de 20 anos, quanto licenciandos com idade acima dos 40 anos, principalmente no período noturno. Além disso, no noturno, havia estudantes que declararam que o curso de licenciatura não era a primeira opção de curso. As duas turmas nas quais a proposta foi aplicada possuíam um perfil bastante heterogêneo, não somente em relação à idade, mas também em relação à formação, história de vida, dentre outros aspectos.

Os licenciandos participantes da pesquisa estavam cursando o último ano da graduação em Ciências-Licenciatura, pois as disciplinas de PPF II e PPQ II são oferecidas no 7º semestre desse curso.

É importante destacar que a mestranda responsável por essa pesquisa fazia parte do Programa de Aperfeiçoamento Didático (PAD), na disciplina de PPF II, em uma proposta intitulada “Formação para a docência no ensino superior nas práticas pedagógicas de Física”, que ocorreu no 1º semestre de 2018, como mostrado na Declaração de Conclusão de Proposta PAD (Anexo B).

O PAD é um programa institucional que atende a política de formação docente de pós-graduandos regularmente matriculados em Programas de Pós-graduação *Stricto Sensu* da Unifesp, nesse caso, a mestranda faz parte do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PECMA)³⁴ da universidade.

Neste programa de aperfeiçoamento, de acordo com o *site* da instituição³⁵, “entende-se que o aprender a “ser professor” implica em desenvolver competências que vão além do domínio de conteúdo, logo é necessária fundamentação teórica articulada às atividades práticas”. Além disso, busca uma reflexão crítica da prática docente (PIMENTA; LIMA, 2017). Durante o estágio, a mestranda acompanhou as aulas, refletiu sobre as metodologias e abordagens didáticas adotadas no curso e além disso, participou das correções de algumas atividades, com a supervisão da docente responsável pela disciplina, bem como auxiliando e acompanhando a presença e notas ao longo do curso, vivenciando assim todo o processo pedagógico envolvido. Além da mestranda, havia mais três estagiários PAD, das quais duas

³⁴ Para mais informações sobre o PECMA acesse: <http://pecma.sites.unifesp.br/index.php/pt-br/>.

³⁵ Disponível em: <https://www.unifesp.br/reitoria/prograd/programas-institucionais/pad> Acesso em: 05/05/2019.

eram estagiárias da disciplina de PPQ II, uma delas acompanhava a turma do vespertino e outro no período noturno, e havia outro estagiário que acompanhava as turmas de PPF II no período noturno.

Como se tratou de um estudo de caso, todas as etapas, desde a elaboração da proposta didática, implementação e análise dos resultados, levaram em conta as características e peculiaridade desse contexto de aplicação. Logo, os dados coletados proporcionaram um estudo fundamentado por uma metodologia qualitativa do tipo estudo de caso.

5.2. Aspectos éticos da pesquisa

É importante salientar que as questões éticas da pesquisa foram respeitadas, pois a pesquisa envolveu o uso de imagens, falas e trabalhos escritos dos participantes da aplicação da proposta didática implementada. A construção do diário de campo ocorreu no decorrer das aulas em conjunto com as videograções.

Por esses motivos, o projeto para esta pesquisa de mestrado intitulada “Aspectos das contribuições de Niels Bohr para a história da espectroscopia: uma abordagem para a formação inicial de professores” foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Unifesp, e enviado à Plataforma Brasil, pela pesquisadora deste mestrado, sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética – CAAE: 66863217.7.0000.5505 e teve sua aprovação no dia 15 de maio de 2017, conforme o Parecer Consubstanciado do CEP (Anexo C).

Solicitou-se também uma autorização por escrito aos participantes envolvidos nesta pesquisa, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecimento (Apêndice A), e estes foram codificados por meio de pseudônimos.

5.3. A proposta didática

A proposta didática buscou atender aos pilares 4 e 5, com o objetivo de promover atividades didáticas que permitam ao professor em formação reconhecer, avaliar e empregar materiais historiográficos em uma perspectiva diacrônica e crítica. Procuramos abranger uma pluralidade de metodologias, de recursos didáticos e de abordagens educacionais. O episódio histórico selecionado buscou favorecer a contextualização de aspectos da NDC ou da prática científica, para que desenvolvam uma compreensão mais consistente e crítica do processo de produção do conhecimento científico, acerca do desenvolvimento dos modelos atômicos do

começo do século XX. No escopo da pesquisa, essa implementação ofereceu dados reais de sala de aula, para analisar aspectos específicos da formação de professores.

Para essa discussão, foi desenvolvida uma proposta denominada: “Contribuições de Niels Bohr para a espectroscopia – uma proposta de inserção da história das ciências na educação”, onde foi apresentado o episódio histórico elaborado nesta pesquisa (capítulo 2). Na construção deste texto histórico buscou-se não fomentar distorções sobre a NDC ou da prática científica, trazendo assim reflexões que permitam aos docentes formadores adaptar a proposta para diferentes contextos educacionais.

O foco principal da proposta foi a utilização desse texto histórico para propor atividades adequadas ao contexto educacional peculiar da escola básica em que os licenciandos participantes da pesquisa atuam ou irão atuar. Portanto, foram propostas atividades que auxiliassem na elaboração dos planos de ensino acerca da inserção da HC na escola básica.

A escolha de um episódio histórico específico buscou vários objetivos, como, permitir uma formação de uma concepção adequada sobre a NDC e sobre diversos aspectos da prática científica, além disso, o uso do episódio permite uma visão mais detalhada do processo de construção do conhecimento científico (MARTINS, R., 2006; SILVA, C.; MOURA, C., 2008; MOURA; GUERRA, 2016b;). Ademais, as reflexões sobre o uso da HC na escola básica já foram trabalhadas com base em um conteúdo específico, visando tornar as discussões pautadas em exemplos, e não apenas em conjecturas teóricas. Por esses motivos, elaborou-se um episódio sobre alguns modelos atômicos do início do século XX, especificamente sobre as contribuições de Niels Bohr na elaboração dos modelos de constituição da matéria.

Essa proposta didática foi validada no grupo Multidisciplinar de Estudos em História e Filosofia das Ciências no Ensino de Ciências – HSSE (*History of Science in Science Education*) da Unifesp – *campus* Diadema, coordenado pela Professora Thaís Cyrino de Mello Forato, da qual a pesquisadora desta dissertação faz parte. O grupo – cujos membros são estudantes de iniciação científica, estudantes de pós-graduação, professores da escola básica, docentes da Unifesp e pesquisadores de outras universidades atua em projetos de pesquisa e extensão, voltados aos usos da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. Durante a validação, os integrantes do grupo contribuíram para o aprimoramento da proposta didática, trazendo reflexões sobre os objetivos da proposta, as metodologias utilizadas, os recursos adotados, dentre outros aspectos.

A seguir é mostrado o plano de ensino, contendo: tema; conteúdo programático; objetivos pedagógicos; descrição das atividades; avaliação; referências bibliográficas e o cronograma de atividades.

5.3.1. Plano de ensino da proposta

Tema

- História das ciências no ensino.

- **Objetivos gerais**
- Compreender historicamente a relação dos estudos da espectroscopia no desenvolvimento dos modelos atômicos do começo do século XX;
- Compreender questões da prática científica ou da NDC relacionadas ao episódio como: a coletividade na ciência; a influência de relações pessoais no desenvolvimento da ciência; influência de concepções teóricas prévias na observação, experimentação (Rutherford, por exemplo) e interpretação de resultados empíricos e matemáticos (Bohr, por exemplo); que a ciência é um conhecimento mutável, provisório e possui limitações, ciência como conhecimento sócio-histórico;
- Propor abordagens interdisciplinares das ciências, utilizando a HC no ensino.

- **Objetivos específicos**
- Desenvolver atividades e aulas interdisciplinares, mostrando conteúdos contextualizados para a educação básica, envolvendo o uso da história da ciência no ensino, especificamente sobre o desenvolvimento dos modelos atômicos e sua relação com o desenvolvimento da espectroscopia, no começo do século XX.

- **Ementa**
- Esse bloco temático “história das ciências no ensino” objetiva oferecer elementos visando preparar o professor para o uso da abordagem histórica das ciências, de modo a promover em sua futura prática profissional o ensino e a aprendizagem de conceitos científicos e reflexões sobre a prática científica.

- **Conteúdo programático**

- Modelos atômicos do final do século XIX e início do século XX: Joseph John Thomson, Hantaro Nagaoka, Ernest Rutherford, John William Nicholson e Niels Bohr;
- Contribuições da espectroscopia para o desenvolvimento do modelo atômico de Bohr (1913);
- Contribuições de Niels Bohr para a história da espectroscopia;
- HC no ensino de física e química;
- HC como recurso metodológico para a compreensão da prática científica.

- **Metodologias**
 - Abordagem histórica;
 - Aulas expositivas e dialogadas;
 - Atividades em grupo;
 - Análise de documentário e de textos;
 - Produção de planos de ensino.

- **Recursos didáticos e materiais**
 - Documentário “O átomo: Choque de Titãs” (BBC Four, 2015);
 - Texto histórico “Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no início do século XX” – trecho selecionado de Vasconcelos e Forato (2018);
 - Retroprojektor;
 - Computador;
 - Tiras de papel³⁶ com as sentenças da atividade “Tem fundamento ou não?”;
 - Textos: Exemplos de HC no ensino: extratos de textos, somente com as propostas didáticas (CARDOSO, M., 2014; PEREIRA; FORATO, 2014; GOMES, 2015; SILVA, H.; MORAES, 2015; MOURA, C.; GUERRA, 2016c; CARDEIRA, 2016; SCHMIEDECKE; PORTO, 2017);
 - Página da disciplina no Facebook.

- **Avaliação**
 - Plano de ensino impresso para a inserção da HC na educação básica;

³⁶ São faixas de papel com afirmações sobre o documentário “O átomo: Choque de Titãs”.

- Atividade de avaliação pelos pares utilizando os planos de ensino impressos entregues no início da aula, com pseudônimo.
- **Referências bibliográficas**
- BRASIL. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Ministério da Educação Conselho Nacional da Educação, Câmara de Educação Básica, Brasília, 2012.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (PCNEM)**. Ministério da Educação, Brasília, 1999.
- BRASIL. **Parâmetros curriculares Nacionais (PCNs)**. Introdução. Ensino Fundamental. Brasília: MEX/SEF, 1998.
- BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais** - ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2002.
- BRASIL. Orientações curriculares para o ensino médio (Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias). Brasília: MEC/SEB, 2006.
- CARDEIRA, F. A. **O uso do gás hidrogênio: dos aerôstatos aos ônibus da EMTU/SP e uma contribuição para o ensino de ciências**. 2016, 102f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências – Licenciatura). Universidade Federal de São Paulo, Diadema.
- CARDOSO, M. L. D. **A teoria da progressão dos animais, de Lamarck: uma abordagem sócio-histórica voltada à sala de aula**. 40f. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Ciências – Biologia). Universidade Federal de São Paulo, Diadema.
- FORATO, T. C. de M. **A Natureza da Ciência como Saber Escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. 2 vols. DOI: 10.13140/RG.2.1.4760.4961.
- GOMES, T. G. **Uma história da radioatividade para a escola básica: desafios e propostas**. 111f. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo, 2015.

- GOMES, T. G.; FORATO, T.C.M. Marie Curie e as emissões radioativas: uma proposta para a sala de aula. In A. P. B. da Silva & A. Guerra (Orgs.). **História da ciência e Ensino: Fontes Primárias e propostas para sala de aula**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015. Pp. ISBN 9788578613341. EAN 9788578613341.
- GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 568-583, dez. 2010.
- MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.
- MARTINS, R. A. Introdução: a história da ciência e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: Subsídios para aplicação no Ensino**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006, p. 3-21.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez.1995.
- MOURA, B. A. **Formação crítico-transformadora de professores de Física: uma proposta a partir da História da Ciência**. 309f. 2012. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan./jun. 2014.
- MOURA, C. B.; GUERRA, A. Reflexões sobre o processo de construção da ciência na disciplina de química: um estudo de caso a partir da história dos modelos atômicos. **Revista Electrónica de Investigación em educación em ciencias**, v. 11, n. 2, p. 64-77, dez. 2016c.
- PEREIRA, A. K. S.; FORATO, Thaís C. M. Uma proposta para o ensino contextualizado de Hidrostática. In: **XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2014, São Sebastião. Anais do XV EPEF. São Paulo: SBF, 2014. v. online. p. 1-8.
- PEREIRA, J. S. A.; MARTINS, A. F. A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura em física e em química da UFRN:

- uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, 2011, p. 234.
- PORTO, P. História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca de objetivos educacionais da atualidade. SANTOS, W. L. P.; WALDANER, O. A. (Orgs.) **Ensino de química em foco**. Ijuí: Editora Unijuí, 2010, p. 159-173.
 - SCHMIEDECKE, W. G.; PORTO, P. A. Uma bomba em verso, prosa e canção: história, arte e tecnologia nas aulas de física. In: MOURA, B. A.; FORATO, T. C. M. (Orgs.) **Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte: ensaios para a formação de professores**. São Bernardo – SP: EdUFABC, 2017.
 - SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de química e física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 378-406, ago. 2015.
 - VASCONCELOS, S. S.; FORATO, T. C. M. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 851-887, dez. 2018.
 - VIANA, H. E. B.; TESTONI, L. A. História da ciência e ensino socioculturalmente contextualizado: o que pensam os futuros professores de Ciências? **Revista de Ciências da Educação**, v. 36, p. 119-137, 2017.
 - ZANETIC, J. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1 (49), jan./abr., p. 39-57, 2006.

Documentário

O ÁTOMO – EPISÓDIO 1: CHOQUE DE TITÃS. British Broadcasting Corporation – BBC Four. Apresentador Jim Al-Khalili. 58 minutos e 47 segundos, Idioma/Legenda: Inglês/Português, 2015. Disponível nos endereços eletrônicos: <http://www.dailymotion.com/video/x2du4y4>, <http://www.dailymotion.com/video/x3vmjmb>.

5.3.2. Cronograma de atividades

A seguir, são descritas as atividades desenvolvidas durante a aplicação da proposta didática, que ocorreu no primeiro semestre de 2018, durante três semanas no bloco sobre HC no ensino das disciplinas de Práticas Pedagógicas de Física II e Práticas Pedagógicas de Química II. Antes de cada aula, os licenciandos tinham tarefas a serem realizadas em casa, denominadas de pré-aulas, essas atividades e/ou textos para leitura eram disponibilizados com uma semana de antecedência. No quadro a seguir são apresentadas as atividades desenvolvidas e a metodologia utilizada em cada aula.

Quadro 11 - Cronograma de atividades da proposta didática.

Aulas	Datas	Temas	Atividades didáticas
Pré-aula	Entre 27/04 e 03/04		Leitura do texto: MOURA, 2014. Assistir o vídeo “O átomo: Choque de Titãs”. (30 min) Responder às questões para AT8.
Aula 1	03/05	HC	AT8 – Discussão sobre o vídeo “O átomo: Choque de Titãs”. Atividades em grupo: Tem fundamento ou não? Aula expositiva e dialogada com apoio de <i>slides</i> : HC no Ensino e visões ingênuas sobre a ciência.
Pré-aula	Entre 04/05 e 10/05		Para próxima aula: leitura do texto: SIQUEIRA; MELLO, 2018 ³⁷ e elaboração de 2 questões sobre ele.
Aula 2	10/05	HC	Responder às questões elaboradas pelos colegas. AT9 – Atividade: avaliando exemplos de HC na escola básica. Início da preparação para a elaboração dos planos de ensino para a escola básica, sobre o episódio histórico. (individual)
Pré-aula	11/05 e 17/05		Para próxima aula: Elaboração dos planos de ensino (individual)
Aula 3	17/05	HC	Entrega do plano de ensino impresso ou manuscrito, no início da aula. AT10 – avaliação: Atividade de avaliação dos planos de ensino elaborados pelos discentes, das propostas sobre HC na educação básica, utilizando o roteiro 3 fornecido pelas docentes.

Fonte: Elaborado pela autora.

Em seguida, são descritas as estratégias e metodologias, bem como os momentos de cada uma das pré-aulas e aulas efetivamente.

5.3.3. Pré-aula 01

A aplicação da proposta didática iniciou-se com atividades da pré-aula 1: a visualização do documentário da *BBC Four*: “O átomo – episódio 1: Choque de Titãs”,

³⁷ Utilizamos o texto da narrativa histórica com o sobrenome do meio das autoras, para que os alunos pudessem criticar o texto com maior liberdade. Sabendo que era de autoria da PAD e da docente, poderia inibir manifestações espontâneas. O texto histórico foi posteriormente publicado no artigo do CBEF: Vasconcelos e Forato (2018).

apresentado pelo professor de física, autor e locutor, nascido em Bagdá (Iraque), naturalizado britânico, Jim Al-Khalili (nascido em 20 de setembro de 1962) e na elaboração do questionário sobre o documentário da *BBC Four* (Apêndice B) e leitura do texto “O que é NDC e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência?” de Moura (2014).

A leitura do texto era para auxiliar na identificação dos aspectos da NDC ou da prática científica presentes no documentário, que abordava alguns modelos atômicos do início do século XX.

5.3.4. Primeira aula – 03/05/2018

A organização da primeira aula é mostrada no quadro a seguir. Estas foram organizadas em partes, para uma melhor organização. Na segunda coluna são mostrados os conteúdos trabalhados, na terceira os recursos e metodologias utilizadas e na última coluna os professores responsáveis pela apresentação.

Quadro 12 - Organização da primeira aula (03/05/2018).

Partes	Descrição das atividades	Metodologias e recursos	Apresentação
1º parte	Explicação da proposta do bloco de HC no ensino e da pesquisa de mestrado da pós-graduanda Stephanie.	Apresentação da proposta. Recursos didáticos: TCLE.	Docente responsável pela disciplina de PPF II.
2º parte	Concepções prévias dos estudantes acerca da HC no ensino.	Levantamento das concepções prévias dos discentes.	Docente responsável pela disciplina de PPF II.
3º parte	Discussão sobre o vídeo, por meio do uso de questões respondidas em casa por parte dos discentes.	Análise de documentário.	Docente responsável pela disciplina de PPF II.
4º parte	Atividade “Tem fundamento ou não”. Distribuição das tirinhas, discussão por parte dos grupos sobre as 10 tirinhas.	Atividade em grupo. Recurso didático: 10 tirinhas contendo fatos que foram apresentados no vídeo.	Licenciandos participantes da pesquisa.
5º parte	Discussão das afirmações contidas nas tirinhas e se tem ou não fundamento, de acordo com a perspectiva histórica/ Visão mais complexa do episódio histórico apresentado.	Aula expositiva e dialogada. Recurso didático: Apresentação em Power Point.	Mestranda responsável pela pesquisa.
6º parte	Explicitar os aspectos da NDC contidos no vídeo	Aula expositiva e dialogada.	Docente e mestranda responsável pela pesquisa.
7º parte	Fechamento da aula e orientações para a próxima aula.	Aula expositiva e dialogada.	Docente responsável pela disciplina de PPF II.

Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira aula teve início com a apresentação da proposta didática e da mestranda. Em seguida, ocorreu a distribuição dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecimento e uma explicação sobre os aspectos éticos que envolvem uma pesquisa científica.

Na segunda parte da aula realizou-se um levantamento sobre as concepções prévias a respeito dos usos da HC no ensino..

Na terceira parte da aula foi realizado um debate plenário sobre as respostas elaboradas em casa sobre o documentário da *BBC Four*: “O átomo – episódio 1: Choque de Titãs”. Durante esta parte foi realizada a mediação por parte da docente e da mestranda, inserindo pontos que não surgiram espontaneamente por parte dos licenciandos, por exemplo: o documentário pode passar alguma visão distorcida da ciência? O contato com narrativas distorcidas é inevitável. Que prejuízo isso traz? Como podemos utilizar narrativas visuais ou textuais ingênuas ou estereotipadas? Nesta parte de aula, foram descritas algumas concepções ingênuas e distorcidas da ciência mostradas no documentário, como:

- Os conhecimentos científicos aparecem como obras de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e cooperativo, e dos intercâmbios entre diferentes equipes (concepção individualista e elitista);
- Desconsidera o papel de concepções teóricas prévias na observação, na experimentação e na interpretação de resultados – como o caso do experimento de partículas alfa (1911);
- A construção do conhecimento científico seria fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo;
- Visão socialmente neutra da ciência, desconsiderando as complexas relações entre CTS.

Na quarta parte da aula, os licenciandos realizaram a atividade “Tem fundamento ou não?”. Em pequenos grupos, os discentes discutiram dez afirmações (Apêndice C) sobre o documentário visto na pré-aula 1. Os licenciandos foram divididos em grupos, e cada um avaliou as sentenças para analisar se tinham fundamento ou não, a partir do que viram no documentário.

Em seguida, a mestranda abriu uma plenária para discutir cada uma das afirmações e mostrar a versão da história elaborada por historiadores das ciências para cada uma delas, com o auxílio de *slides* “Tem fundamento ou não”, com o uso de imagens e de pequenos textos.

Na sexta parte da aula foram apresentadas algumas visões distorcidas da HC, exibidas em livros didáticos de ciências, de todos os níveis de ensino sobre os modelos atômicos. Esta atividade foi apresentada com o auxílio de *slides*. Na última parte, houve o fechamento da aula e foram dadas orientações sobre as próximas aulas.

Como leitura complementar foram disponibilizados na página do Facebook da disciplina, o texto de Martins (2006) e *slides* sobre a HC no ensino, . Esses dois arquivos não foram leituras obrigatórias. Os *slides* tiveram como objetivo mostrar alguns benefícios, dificuldades e o que é apresentado nos documentos oficiais sobre a inserção da HC no ensino. Inicialmente, essa apresentação seria realizada em sala de aula, entretanto, as atividades anteriores foram bastante densas e cansativas, e por esse motivo, os licenciandos optaram pela leitura em casa.

5.3.5. Pré-aula 02

A segunda pré-aula consistiu a leitura e elaboração de duas questões sobre o texto “Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores”, de Vasconcelos e Forato (2018), reproduzido no capítulo 2, para serem discutidas na segunda aula. Esse texto foi disponibilizado na página do Facebook das disciplinas de Práticas Pedagógicas de Física II e Práticas Pedagógicas de Química II.

Como esse texto foi produzido por uma das docentes responsáveis pela disciplina e a mestranda, a autoria não foi revelada e fez-se uso de pseudônimos, para que os licenciandos expressassem as suas opiniões sobre o texto livremente.

5.3.6. Segunda aula – 10/05/2018

A organização da segunda aula é mostrada no quadro a seguir, com a mesma organização do Quadro 12, referente à primeira aula.

Quadro 13 - Organização da segunda aula (10/05/2018).

Partes	Descrição das atividades	Metodologias e recursos	Apresentação/Mediação
1º parte	Discussão sobre o texto histórico.	Aula expositiva e dialogada. Texto: Vasconcelos e Forato (2018).	Docente responsável pela disciplina de PPF II e mestranda pesquisadora.
2º parte	Discussão das perguntas elaboradas pelos alunos sobre o texto.	Aula expositiva e dialogada.	Docente responsável pela disciplina de PPF II e

			mestranda pesquisadora.
3º parte	Análise de exemplos práticos publicados por pesquisadores da área envolvendo a de inserção da HC no ensino, com uso de um roteiro 1.	Atividade em grupo. Recursos didáticos: roteiro 1 com questões para avaliar textos sobre a inserção da HC no ensino; recortes de sequências didáticas de textos (artigos, TCC, dissertações, tese) sobre a inserção da HC no ensino.	Licenciandos participantes da pesquisa.
4º parte	Socialização sobre a análise dos planos de inserção da HC no ensino.	Plenária sobre o tema.	Docente responsável pela disciplina de PPF II e mestranda pesquisadora.
5º parte	Entrega e explicação sobre o roteiro 2 para auxiliar na construção do plano de ensino e orientações para as próximas aulas.	Recursos didáticos: Roteiro 2 para a elaboração dos planos de ensino.	Docente responsável pela disciplina de PPF II e mestranda pesquisadora.

Fonte: Elaborada pela autora.

A segunda aula começou com um debate sobre o que os licenciandos acharam sobre o texto “Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no início do século XX”. Nessa primeira parte da aula, procurou-se identificar o que os licenciandos acharam do texto; quais conceitos de física e química foram trabalhados no texto; quais destes podem ser trabalhados na educação básica; quais aspectos da NDC ou da prática científica esta narrativa exemplificava, dentre outros aspectos.

Na segunda parte da aula, foram discutidas as duas questões sobre dúvidas que tiveram com a leitura do texto. A docente e a mestranda fizeram a mediação, inserindo pontos que não surgiram espontaneamente, procurando avaliar as percepções dos alunos sobre a adequação do texto, as possíveis dificuldades ao utilizar esse episódio histórico em sala de aula, dentre outros aspectos. Nesse momento, vários licenciandos comentaram que gostariam de ter lido o texto na disciplina de Química I, que teria ajudado a compreender o conteúdo de química e a ter uma visão mais ampla da HC. Havia também reações diferentes. Alguns alunos, que não gostavam de abordagens históricas, manifestaram uma postura mais ativa e participante nesta aula, comentaram o texto, destacando os benefícios para formação de professores e para o aprendizado dos conteúdos de física e química. Havia um aluno que se manteve resistente ao uso da HC, disse que não via nada de física e química no texto, apenas história. Esse aluno manteve, ao longo de toda a graduação, a opinião de que o ensino deveria privilegiar o vestibular, defendendo que a missão dos professores era preparar o aluno para o vestibular, pois o mais importante da formação no EM era ajudar no acesso à universidade.

Na terceira parte da aula, iniciou-se a preparação mais específica, para oferecer subsídios aos futuros professores, para desenvolver propostas de uso da HC em aulas de física

e química. Buscando avançar em requisitos para o desenvolvimento de plano de ensino, realizou-se uma atividade de conhecimento e avaliação dos planos de ensino para a implementação de HC no ensino, enfocando tanto atividades para o EM quanto para a Formação de Professores. A ideia é que os licenciandos conheçam atividades variadas, que podem ser mobilizadas para se trabalhar conteúdos de HC. A sala foi separada em grupos, que receberam um arquivo com um recorte de sete exemplos de propostas para abordagens da HC no ensino (CARDOSO, M., 2014; PEREIRA; FORATO, 2014; GOMES, 2015; SILVA, H.; MORAES, 2015; CARDEIRA, 2016; MOURA, C.; GUERRA, 2016c; SCHMIEDECKE; PORTO, 2017).

Em seguida, cada grupo escolheu um dos recortes de exemplos de propostas sugeridas e discutiu as questões propostas no roteiro 1, avaliando diferentes aspectos de uma proposta didática trazida e publicadas por pesquisadores da área, envolvendo a inserção da HC no ensino (Apêndice D). Posteriormente, foi realizado um debate plenário sobre os exemplos de HC no ensino e as questões propostas no roteiro 1. Nesta etapa, a docente e a mestrandas mediarão a discussão, inserindo pontos que não surgiram espontaneamente, visando ampliar o repertório dos licenciandos para possibilidades didáticas, consistências entre objetivos pedagógicos, e estratégias mobilizadas, etc.

Na quinta parte, a última atividade do segundo dia buscou oferecer subsídios para a elaboração de um plano de ensino com abordagem da HC, a partir do texto “Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores”, lido na pré-aula 02. Nesta parte foi entregue um roteiro 2 para auxiliar na elaboração do plano de ensino (Apêndice E). Nesse roteiro, busca-se destacar vários pontos a se ponderar na elaboração de uma proposta didática. Como é tradicional nas disciplinas de Práticas Pedagógicas de Física, os licenciandos estabelecem um ambiente educacional específico, preferencialmente aquele onde realizam os estágios supervisionados, descrevendo-o em detalhes, para que o plano de ensino seja consistente com o contexto em que seria implementado. Discute-se, ao longo dessas duas disciplinas de Práticas Pedagógicas, que a riqueza de detalhes favorece a futura adaptação das propostas para outros contextos educacionais. Posteriormente, foi feito o fechamento da aula e orientações para a próxima e última aula do bloco de HC no ensino.

5.3.7. Pré-aula 03

Na última pré-aula, o desafio dos licenciandos era elaborar um plano de ensino, individualmente, sobre a inserção da HC na educação básica, utilizando mídias digitais como um dos recursos didáticos (vídeos, documentário, telenovelas, séries, filmes, hipertextos, hipermídias, simuladores, dentre outros), utilizando como texto base: “Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores”. Esse plano deveria ser entregue utilizando um pseudônimo. Como apoio eles deveriam utilizar o roteiro 3, contendo itens que deveriam constar no plano de ensino (Apêndice F).

5.3.8. Terceira aula – 17/05/2018

A organização da terceira aula é mostrada no quadro a seguir. Seguindo a mesma organização dos Quadros 12 e 13, referentes às duas primeiras aulas.

Quadro 14 - Organização da terceira aula (17/05/2018).

Partes	Descrição das atividades	Metodologias e recursos	Apresentação/Mediação
1º parte	Avaliação por pares: Orientações para as correções dos planos de ensino elaborados pelos discentes. Entrega do roteiro 4. Troca dos planos de ensino.	Roteiro 4 para avaliação do conteúdo.	Docente responsável pela disciplina de PPF II e mestranda pesquisadora.
2º parte	Avaliação individual entre pares.	Atividade individual Recursos didáticos: Roteiro 4 de avaliação de planos de ensino sobre HC na educação básica.	Licenciandos participantes da pesquisa.
3º parte	Socialização sobre as avaliações.	Plenária sobre o tema.	Docente responsável pela disciplina de PPF II e mestranda pesquisadora.
4º parte	Encerramento do Bloco “HC no ensino”.	Diálogo plenário.	Docente responsável pela disciplina de PPF II e mestranda pesquisadora.

Fonte: Elaborada pela autora.

Na última aula, os licenciandos entregaram os planos de ensino sem se identificar, fazendo uso de um pseudônimo. A atividade de avaliação entre pares buscou oferecer uma oportunidade de promover o aprendizado sobre as propostas didáticas utilizando uma abordagem da HC no ensino. Cada um dos discentes avaliou o plano de um dos colegas, sem identificação, de acordo com os critérios estabelecidos no roteiro 4 de avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica (Apêndice G). A docente responsável orientou os estudantes que não se preocupassem com a nota atribuída ao colega, pois iria prevalecer a nota das professoras responsáveis pelas disciplinas.

Nessa etapa, a reflexão considera apenas os aspectos intrínsecos aos conteúdos trabalhados ao longo do semestre. Cada um dos dez (10) itens tem uma pontuação respectiva, e os licenciandos tinham o desafio de justificar a nota atribuída. O propósito da atividade foi de que os discentes pensarem na adequação e na consistência de cada metodologia, atividade e recurso, frente a cada objetivo e conteúdo abordado no plano de ensino. Os itens foram elaborados de acordo com as ponderações estabelecidas por Forato (2009), que haviam oferecido um embasamento para os roteiros anteriores.

Em seguida, houve a realização de uma plenária sobre a avaliação dos planos de ensino, e sobre o que acharam do plano lido; sobre quais foram os objetivos e estratégias didáticas utilizadas; as metodologias utilizadas; o que poderia ser melhorado; quais foram as dificuldades durante a avaliação dos planos elaboradas pelos colegas, dentre outros aspectos. Por último, foi feito o encerramento do bloco sobre a inserção da HC no ensino, destacando o que os licenciandos acharam, quais foram os desafios e as dificuldades.

A análise dos dados coletados ao longo dessas três semanas é apresentada no capítulo a seguir.

6. OS DADOS E OS RESULTADOS DO CURSO

A análise empírica desta pesquisa ocorre em perspectiva de um estudo de caso, considerando diferentes instrumentos de coleta de dados, e a pesquisadora imersa no ambiente estudado (ANDRÉ, 2010). As fontes de coleta de dados foram:

- i. Videograções das aulas – transcrição de eventos críticos;
- ii. Notas de campo da pesquisadora;
- iii. Respostas escritas dos questionários sobre o documentário,
- iv. Respostas das avaliações dos planos de ensino realizadas pelos licenciandos (avaliação pelos pares);
- v. Os planos de ensino sobre a inserção da HC no EM, produzidos por eles.

É importante salientar que as transcrições de falas dos licenciandos foram mantidas na íntegra e sem correções gramaticais, para evitar distorções das mensagens contidas.

Na aplicação da proposta didática, a câmera estava posicionada em uma das laterais, de forma que estivesse focada nos licenciandos. Além disso, utilizou-se um gravador para registrar as falas durante todas as aulas. Essas duas fontes de dados foram fundamentais para a observação dos discentes e para as transcrições das falas. Nesta transcrição empregou-se o uso de pseudônimos para preservar a identidade dos participantes desta pesquisa. Para os licenciandos, foi utilizada a palavra “Licenciando”, seguida pelas letras de “A” a “P”, formando as palavras: Licenciando A, Licenciando B, etc. Utilizaram-se também pseudônimos para as docentes responsáveis pelas disciplinas, Professora A, Professora B e Professora C³⁸, e para os mestrandos pesquisadores que faziam parte do PAD, empregaram-se as siglas: Pesquisadora A, Pesquisadora B, Pesquisador C e Pesquisadora D. Os pseudônimos também foram empregados nas notas de campo (exemplos, Apêndice H), separadas por dia de aplicação, e estas foram feitas pela pesquisadora desta pesquisa.

Dentre as diferentes possibilidades de análise e organização em uma pesquisa qualitativa do tipo estudo de caso, optou-se pela utilização da Análise de Conteúdo (AC) de Bardin, como foi descrito no capítulo 3 sobre a metodologia desta pesquisa. Esta análise consiste em utilizar um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que visa obter procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição dos conteúdos das mensagens emitidas pelos sujeitos, em diferentes fontes de dados (BARDIN, 1977). Segundo Barelson (*apud* Oliveira, 2008), é fundamental na AC buscar ser objetivo, sistemático, abordar apenas o

³⁸ Havia as docentes A e B, responsáveis pela disciplina de PPF II e PPQ II, respectivamente, e mais uma docente C da área de química, que acompanhou algumas aulas do curso, como observadora pesquisadora.

conteúdo manifestado nas mensagens e quantificar os resultados obtidos, evitando inferir ou supor informações que não tenham sido explícitas.

6.1. A pré-análise

A primeira fase da AC de Bardin constituiu-se na preparação do material coletado durante a implementação da proposta didática. Os documentos utilizados foram:

- Notas de campo (exemplos, Apêndice H);
- Transcrições das falas dos participantes da pesquisa (exemplos, Anexo D);
- Respostas aos questionários sobre o documentário “O átomo: Choque de Titãs”, da *BBC Four* (exemplos, Anexo E);
- Respostas aos roteiros 4 sobre a avaliação dos planos de ensino (exemplos, Anexo F);
- Planos de ensino elaborados pelos licenciandos (exemplo, Anexo G).

O quadro a seguir traz o conjunto de dados coletados durante as três semanas (com duração de cerca de 3h30min. cada aula) de aplicação da proposta didática.

Quadro 15 - AC: síntese dos dados coletados durante as 3 semanas.

Aulas	Metodologias e recursos utilizados	Dados coletados
1º aula	<ul style="list-style-type: none"> - Documentário “O átomo: choque de titãs” (<i>BBC Four</i>, 2015); - Questionário sobre o documentário da <i>BBC Four</i>; - Tiras da atividade “tem fundamento ou não”; - Aulas com a utilização de <i>slides</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Videograções e áudios das aulas; - Notas de campo; - Respostas escritas ao questionário sobre o documentário.
2º aula	<ul style="list-style-type: none"> - Texto histórico “Siqueira e Mello (2018)”; - Recorte dos exemplos de inserção da HC no ensino; - Roteiro 1 – Avaliando exemplos de inserção da HC no ensino; - Roteiro 2 – Preparação para a elaboração dos planos de ensino. 	<ul style="list-style-type: none"> - Videograções e áudios das aulas; - Notas de campo.
3º aula	<ul style="list-style-type: none"> - Roteiro 3 – Como introduzir os conteúdos de história das ciências na Escola Básica? - Planos de ensino; - Roteiro 4 – Avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica – avaliação pelos pares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Notas de campo. - Planos de ensino; - Roteiro 4 de avaliação dos planos de ensino.

Fonte: Elaborada pela autora.

Como se pode observar, foram empregados diferentes instrumentos de coleta, produzindo uma enorme quantidade de dados e, por esse motivo, foi necessário um recorte e

uma delimitação dos materiais coletados. Para essa delimitação, observou-se as hipóteses e objetivos da proposta implementada. Consideramos que estes estão de acordo com o objetivo pretendido por esta pesquisa: de produzir conhecimento acadêmico sobre a inserção da HC na formação de professores. Para isso, propusemos a elaboração, implementação e análise de uma proposta formativa, utilizando um episódio da espectroscopia, especificamente sobre as contribuições de Niels Bohr, para contextualizar historicamente conceitos de física quântica e química moderna, de modo a permitir, também, reflexões sobre a prática científica ou da NDC. Após uma primeira leitura flutuante nas notas de campo, nas respostas dos licenciandos às atividades e depois de rever as aulas gravadas em vídeo, foram identificados alguns momentos nas aulas que consideramos como eventos críticos para realizar a transcrição. Foram momentos em que opiniões, perguntas, questionamentos e discordâncias apontavam para conteúdos que envolviam informações importantes sobre o material utilizado, dificuldades, sugestões e outros aspectos que consideramos relevantes para as questões e objetivos desta pesquisa, como se explicita melhor mais abaixo. Assim, durante a fase de preparação do material, foi feito um recorte para realizar as transcrições das videograções, que continham mais de 21 horas de dados coletados. Essa delimitação pode ser dividida em quatro fases:

- 1ª fase: assistir as videograções;
- 2ª fase: seleção dos eventos críticos;
- 3ª fase: descrição dos eventos críticos;
- 4ª fase: transcrição dos eventos críticos.

Na primeira fase, optamos por assistir as videograções da pesquisa para selecionar os possíveis eventos críticos, bem como para reconhecer os participantes da pesquisa. Essa primeira fase não teve a intenção de perceber elementos específicos das falas e sim de estabelecer contato com os documentos selecionados para a construção das hipóteses, de acordo com os objetivos estabelecidos. Lima (2015) destaca que para se observar alguns possíveis resultados nessa primeira observação dos vídeos é importante o pesquisador ter em mente os objetivos da pesquisa.

Na segunda fase para a seleção dos eventos críticos, as videograções foram assistidas novamente, com um olhar mais clínico (diferente do empregado na 1ª fase), em busca de pontos que podem ser interessantes de acordo com as hipóteses e objetivos da pesquisa. Segundo Powell, Francisco e Maher (2004), um evento é chamado de crítico quando:

[...] demonstra uma significativa ou contrastante mudança em relação a uma compreensão prévia, um salto conceitual em relação a uma concepção anterior. Eventos críticos são contextuais. Um evento é crítico em sua relação a uma questão particular perseguida pela pesquisa. Assim, uma instância na qual os aprendizes apresentam uma explicação matemática ou argumento, pode ser significativa para uma questão de pesquisa preocupada com a construção de justificação matemática ou demonstração pelos estudantes e, como tal, pode ser identificada com um evento crítico. (POWELL; FRANCISCO; MAHER, 2004, p. 104-105).

Logo, os eventos críticos são momentos que mostram sequências conectadas de expressões e/ou ações, que de uma forma direta ou indireta, são importantes para o desenvolvimento da pesquisa. Em seguida, é realizada a descrição desses eventos, onde foi relatado em textos curtos o que aconteceu, sinalizando a ideia principal dos eventos.

Após a realização das fases anteriores, inicia-se o processo de transcrição dos eventos críticos. Esta é a última fase do recorte das videograções realizadas nesta pesquisa. Nessa fase do recorte, as videograções referente aos eventos críticos foram assistidas novamente e todas as falas dos participantes registradas em forma de texto.

Com a delimitação dos objetivos e dos materiais organizados iniciou-se a leitura flutuante mais sistemática das transcrições das videograções e das demais fontes de dados, para poder identificar as unidades de registro (UR) nesses documentos. Essas UR podem ser definidas por uma palavra, uma frase, um parágrafo de um texto, ou até mesmo um seguimento de texto, que contém uma assertiva completa sobre o objeto em estudo, para o estabelecimento das categorias para a realização da AC. Nesta primeira etapa da análise, foram grifadas e foi feito o uso de diferentes cores, cada uma relacionada a um tema de estudo, por exemplo: aspectos da NDC ou da prática científica foram grifados de amarelo, procurando assim agrupar mensagens para a construção das categorias de análise.

Essas unidades são importantes para a elaboração das unidades de contexto (UC), que são unidades de compreensão das UR, sendo seguimentos do texto que permitem uma melhor compreensão dos significados das UR. As UC podem ser um seguimento de frase para uma palavra ou até mesmo um parágrafo para um tema. A partir dessas unidades, foi possível identificar as menções denominadas de índices por Bardin (CARDOSO, M.; 2018), que são menções explícitas ou implícitas de um determinado tema em uma mensagem comunicada. É importante salientar o olhar do pesquisador, pois ele não é neutro; as hipóteses, questões e objetivos da pesquisa e o próprio quadro teórico constituem-se como contexto para a análise dos dados.

Esta pesquisa envolveu diferentes elementos e linhas de pesquisa: HC; HC no Ensino; formação inicial de professores; percepções sobre o episódio histórico; construção de

propostas didáticas; bem como aspectos da NDC ou da prática científica. Por esse motivo, as UR não se limitaram apenas a uma única palavra, mas também a expressões. Deste modo, as UC requereriam algumas frases amplas, para dar significado às UR (CARDOSO, M.; 2018).

Após a construção das UC, foi concebível a elaboração de alguns índices (ou indicadores), que são identificações das menções explícitas ou implícitas sobre os temas das mensagens. Assim foi possível formular as categorias, realizando a diferenciação de uma categoria para outra, bem como o agrupamento, segundo critérios já estabelecidos pelo conjunto de UR que foram elaboradas a partir dos dados, que são as categorias *a posteriori*, em comparação àquelas categorias que foram produzidas a partir das hipóteses e das perguntas de pesquisa, que são as categorias *a priori* (BARDIN, 1977).

Os quadros a seguir foram separados por aula (aula 1, aula 2 e aula 3), para facilitar a visualização dos dados. Estes quadros trazem exemplos do uso das técnicas utilizadas na AC para a criação das categorias, adaptadas ao contexto desta pesquisa e tendo como perspectiva os pressupostos discutidos nos capítulos anteriores. A partir disso, consideram-se tanto as mensagens *a priori* quanto as *a posteriori*. Nesses quadros, as expressões que estão grifadas representam as UR que ajudaram na definição das categorias.

As UR estão na primeira coluna, exemplificando palavras e expressões que sinalizaram as ideias dos conteúdos manifestados, e que iam de acordo com as questões e objetivos de pesquisa. Na segunda coluna, estão representadas as UC dessas expressões, que são extratos de falas dos estudantes ou até mesmo trechos de respostas de questionários ou partes das notas de campo, que dão significado às UR. Já na última coluna estão sinalizadas as categorias de análise e seus respectivos índices. No decorrer dessa primeira fase da AC, verifica-se que algumas ideias acabam se encaixando em mais de uma categoria. Nesses casos, as categorias e as respectivas UR são colocadas na mesma linha.

Nos quadros 16, 17 e 18 são exemplificados alguns dados coletados na primeira aula (03/05/2018), trazendo vários exemplos referentes às transcrições das videogravações, notas de campo e às respostas aos questionários sobre o documentário elaborados na primeira pré-aula da proposta didática.

Quadro 16 - AC: Transcrição das videogravações - 1º aula (03/05/2018).

Unidades de Registro (UR)	Unidades de Contexto (UC)	Categorias de análise - Índices
Perigos/consequências da pseudo-história.	Aluno N: Então, eu vi isso... Era o exemplo que eu ia dá sobre Práticas I, Prática de Ciências, que é sobre os <u>perigos da pseudo-história</u> , que se você... Uma das <u>consequências da pseudo-história</u> é que ela afaste as pessoas do ramo científico, porque ela está sempre	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos

o cientista é uma pessoa iluminada. Uso muito abusivo de termos divinadores [sic] do cientista.	tão coligada ao pensamento de que <u>o cientista é uma pessoa iluminada</u> , a pseudo-história está tão ligada a isso, que faz com que as pessoas se afastem também. E é essa ligação que eu faço com o vídeo, que ele faz o <u>uso muito abusivo de termos divinadores [sic] do cientista</u> . Eu pessoalmente detestei o vídeo por causa disso.	NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência: cientista é uma pessoa iluminada.
Problemas da pseudo-história. Ser uma desinformação; Concepção errada sobre o método científico.	Professora A: Você <u>consegue</u> lembrar de mais alguma coisa sobre os <u>problemas da pseudo-história</u> ? Aluno N: Além de <u>ser uma desinformação</u> que... Conduz erroneamente a pessoa, a concepção de que ela não é capaz de fazer ciência. Ela acaba tendo uma <u>concepção errada do próprio método científico</u> , do se fazer ciência. Ela tem uma concepção errada do que é ciências. Baseado numa história errada de ciências que transmitiram para ela, nesse sentido.	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos.
Eu tive isso no Ensino Médio. Os livros didáticos de química, não só de química de... biologia e física também eles têm um caráter “endeusador” do cientista. Ciência é colaborativa; Caráter humano da história da ciência.	Aluno N: <u>Eu tive isso no Ensino Médio</u> por que... <u>Os livros didáticos de química, não só de química de... biologia e física também eles têm um caráter “endeusador” do cientista</u> , e meu professor de química do terceiro ano, ele ficava possesso com isso, ele tinha um caráter de... “não, isso não é assim, <u>ciência é colaborativa</u> , Newton dizia que ele utilizava trabalhos de outras pessoas”. Então, ele... [repete a palavra ele], pelas aulas dele pelo discurso dele, eu tive contato mais com o <u>caráter humano da história da ciência</u> .	Aspectos formativos – Formações anteriores. HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos em livros didáticos. NDC ou Prática Científica – Ciência colaborativa e o caráter humano.
Todo mundo pode fazer ciência. A gente também tem que passar para os alunos que está ao alcance de todo mundo Ciência é movida pela humanidade.	Aluno O: Eu lembro que eu apresentei um trabalho que eu pesquisei sobre ciência e universidade, foi para uma matéria do professor x, aí eu pesquisei e vi que é preciso se desvincular daquela história de que aquilo relacionado ao poder, que não tem nada a ver com isso, que <u>todo mundo pode fazer ciência</u> . <u>A gente também tem que passar para os alunos que está ao alcance de todo mundo [...]</u> que a <u>ciência é movida pela humanidade [...]</u> .	NDC ou Prática Científica – todo mundo pode fazer ciência. Aspecto Formativo - Preocupação com a visão de NDC apresentada aos alunos. NDC ou Prática Científica – aspecto humano da ciência.
O modelo de Thomson que era do pudim de passas.	Aluno N: [...] mas o que eu aprendi é que antes de Boltzman já existia dois modelos, que era o modelo de Dalton, o modelo da esfera indivisível, e o <u>modelo de Thomson que era do pudim de passas</u> , que ele fez um tubo de raios catódicos, e aí desviou o [...] a trajetória e a partir daquilo, ele viu que o átomo tinha carga [...].	Percepções sobre o episódio histórico - Conceitos científicos inadequados.
“Rutherford foi abençoado com uma intuição fora do comum”	Aluno N: Isso não me parece muito verdade, e aí o vídeo prosseguiu, e aí chegou numa parte de radioatividade, e aí na parte de radioatividade ele falou o que era radioatividade, praticamente por cima, de uma forma superficial e falou sobre Rutherford, o “ <u>Rutherford foi abençoado com uma intuição fora do comum</u> ”, ele fala isso, exatamente isso[risos].	NDC ou Prática Científica – Crítica a visão ingênua sobre a ciência.
A partir do movimento browniano, ele comprova	Aluno N: Então, o aspecto positivo do vídeo, é o que ele relata no sentido científico, para mim ele explica	Percepções sobre o episódio histórico –

<p>a existência dos átomos.</p> <p>Com os desenhos fica mais elucidativo.</p> <p>Seria melhor do que ler um texto sobre átomo.</p>	<p>de uma forma relativamente satisfatória, como por exemplo, ele traz a questão do movimento browniano, utiliza o pólen e o pólen se espalha. Einstein elaborar a ideia de que <u>a partir do movimento browniano, ele comprova a existência dos átomos</u>, que até então eram desacreditados, então, com relação ao movimento browniano, faz bastante sentido, e ele traz de uma forma [...] devido aos recursos de mídia, devido ao fato dele fazer isso no formato de vídeo e ficar extremamente visível, o que está propondo <u>com os desenhos fica mais elucidativo</u>. O que <u>seria melhor do que ler um texto sobre átomo</u>.</p>	<p>Visão ingênua sobre a NDC e conceitos científicos inadequados.</p> <p>Aspectos formativos - Benefícios sobre o uso de vídeos.</p>
<p>O recurso imagético sempre atrai mais que o textual.</p>	<p>Aluno N: Acho que os recursos imagéticos, visuais, são sempre mais [...] eles têm uma capacidade muito forte de atrair o aluno, não só o aluno acha de atrair qualquer pessoa. <u>O recurso imagético sempre atrai mais que o textual.</u></p>	<p>HC – Benefícios sobre o uso de vídeos.</p>
<p>Contextualizam o cientista como se ele não fosse uma pessoa.</p> <p>Era tão brilhante.</p> <p>Miraculosamente.</p> <p>Relampejo sobre-humano, extra intuitivo.</p>	<p>Aluno N: Eu anotei, eu anotei mais fiquei na dúvida na hora de colocar, que é [...] eles contextualizam o cientista, mas eles <u>contextualizam o cientista como se ele não fosse uma pessoa</u>, na hora que ele vai falar de Einstein, ele fala que Einstein era um brilhante e arrogante, que passou por muitas dificuldades, mas ele <u>era tão brilhante</u> que ele conseguiu revolucionar a física, é [...] então assim, por mais que ele traz o contexto de que ele é uma pessoa como nós, ele ainda fala de uma forma como ele não fosse uma pessoa como nós. Ele junta alguns alunos e pesquisadores e começam a fazer pesquisa exaustivamente, aí chega uma hora que <u>miraculosamente</u> o Rutherford pensa: então, prossiga com os experimentos e análise se ricocheteia [...] se causa ricochete. Como se tivesse um <u>relampejo sobre-humano, extra intuitivo</u>.</p>	<p>NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua/distorcida.</p> <p>NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua: Ateórica - “Sem querer”</p>
<p>Ele está dentro de um contexto com as próprias crenças, com seus próprios pensamentos, e isso vai influenciar nos resultados.</p> <p>Não são necessariamente os resultados neutros.</p> <p>A pessoa que faz ciência não é uma pessoa neutra.</p> <p>Contexto e a crença envolvida dentro do trabalho dos cientistas.</p>	<p>Aluno N: Além do contexto, o que eu percebi, é porque são divididos em cinco se eu não me engano. Se eu não me engano o último ele fala da contextualização do cientista e da humanidade científica, e da humanidade do cientista, eu relacionei principalmente isso. Do sentido de [...] como é que fala? Do cientista propriamente <u>ele está dentro de um contexto com as próprias crenças, com seus próprios pensamentos, e isso vai influenciar nos resultados</u> que ele vai adquirir. Então os resultados que eles obtêm, <u>não são necessariamente os resultados neutros</u> que as pessoas acham que a ciência é. Então [...] porque <u>a pessoa que faz ciência não é uma pessoa neutra</u>, ela é uma pessoa com crenças também, então, acredito que o aspecto da natureza da ciência, é [...] que este presente, acredita que seja bastante o <u>contexto e a crença envolvida dentro do trabalho dos cientistas</u>.</p>	<p>NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: As influências do contexto; a não neutralidade da ciência e do cientista.</p>
<p>Traz a onipotência.</p> <p>Onipotente.</p>	<p>Aluno N: Eu falei isso, e adicionei que é meio contraditório, que além de trazer isso ainda <u>traz a onipotência</u>. Então é meio que duplo pensamento, de que você adota duas ideias opostas ao mesmo tempo: de que o cara é uma pessoa e ao mesmo tempo ele é <u>onipotente</u>.</p>	<p>NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.</p>
<p>Os conceitos científicos de uma forma midiática, e isso favorecem a</p>	<p>Aluno N: Que ele traz <u>os conceitos científicos de uma forma midiática, e isso favorecem a compreender os conceitos científicos</u>.</p>	<p>Aspectos formativos - Benefícios do uso de vídeos.</p>

compreender os conceitos científicos.		
Pseudo-história. Questão de dominação social. Mais um ponto a favor do não usar o vídeo	Aluno N: Eu acho que, tudo o que a gente discutiu antes, eu não tinha pensado, eu tinha pensado na <u>pseudo-história</u> como afastar as pessoas da área da ciência, mas agora a 5 minutos atrás você disse que tem a <u>questão de dominação social</u> , eu pensei: beleza, <u>mais um ponto a favor do não usar o vídeo</u> , porque [...] ok, ele traz os conceitos de uma forma satisfatória, mas ele faz isso carregado de noções erradas também, eu, eu Aluno N, não usaria.	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos Aspectos formativos – Refletir sobre diferentes estratégias para um determinado tema.
Eles eram o melhor amigo um do outro, mas isso não tem nada a ver com a ciência.	Aluno N: Beleza. Você quer ler todas as afirmações e depois a gente vai relendo depois? A primeira era: Era difícil imaginar dois temperamentos mais diferentes de que Niels Bohr e Ernest Rutherford, contudo no primeiro contato iniciou-se uma amizade que durou ao longo de suas vidas. Tá, ok e daí? [risadas] Aluno O: <u>Eles eram o melhor amigo um do outro, mas isso não tem nada a ver com a ciência</u> . Isso daí.	NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a ciência, a importância dos aspectos não epistêmicos para o desenvolvimento da ciência.
É muito difícil fazer essa atividade.	Aluno N: Ok [risadas] é que <u>é muito difícil fazer essa atividade</u> . Acredito que sim.	Aspectos formativos – - Dificuldades em relação a proposta didática.
A descoberta de que o átomo, o núcleo ele era uma esfera, aí tinha um espaço gigantesco.	Aluno N: Eu acho que não, porque ele, ah, assim, sobre o comportamento e espalhamento das partículas alfa, quando atravessavam a matéria. Aluno O: mas não foi assim que eles descobriram que o elétron, não foi essa descoberta de que o elétron tem carga? Aluno N: Assim, ele fez <u>a descoberta de que o átomo, o núcleo ele era uma esfera, aí tinha um espaço gigantesco</u> .	Percepções sobre o episódio histórico – Visão ingênua sobre a NDC e conceitos científicos inadequados.
Surgiu a mecânica quântica.	Aluno N: É foi aquela questão de explicar [...] foi a partir daí que <u>surgiu a mecânica quântica</u> , porque a ideia do elétron era que ele ia fazendo o movimento, liberando energia, aí inevitavelmente ele ia cair em choque com o [...] com o núcleo.	Percepções sobre o episódio histórico – Visão ingênua sobre a NDC e conceitos científicos inadequados.
Não foi só Niels Bohr que elaborou questões espectrais do hidrogênio. Isso é um trabalho conjunto.	Aluno N: Sim. Dá o benefício da dúvida de que isso é relevante. Então por exemplo, <u>não foi só Niels Bohr que elaborou questões espectrais do hidrogênio</u> etc. Tem todas as questões de quantização. <u>Isso é um trabalho conjunto</u> . Mas como foi ele que elaborou o modelo, ok, a gente dá o benefício da dúvida.	NDC ou prática científica – Crítica a visão ingênua/distorcida. NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: trabalho conjunto
Maiores gênios. Maiores gênios.	Aluno I: Todo mundo era, toda pessoa do vídeo era um dos <u>maiores gênios</u> [risadas]. Aluno H: Quantos <u>maiores gênios</u> têm. Aluno K: Ele acaba falando isso em várias passagens né “ <u>maiores gênios</u> ”, então ele acaba é [...] estigmatizando uma visão que a gente quer combater. <u>Cientista brilhante</u> , que o cara é um E.T., que o cara é fora do normal, ele fala bastante isso. Isso aí entra na parte dos negativos lá.	NDC ou prática científica – Crítica a visão ingênua.
Mutabilidade da ciência; Não é uma coisa fixa.	Aluno B: É a questão da <u>mutabilidade da ciência</u> . Que ela <u>não é uma coisa fixa</u> .	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: mutabilidade da ciência.
Embate entre os	Aluno I: É [...] [pode falar – outro aluno] eu percebi	NDC ou prática científica

cientistas. Jogo de interesse. A ciência pode servir de interesse de outros, sociais, políticos.	também a questão do <u>embate entre os cientistas</u> , o jogo de interesse mesmo. Por exemplo, Einstein tentar combater as ideias de Rutherford e, é [...] Meio que esse <u>jogo de interesse</u> mesmo né, um jogo. Também percebi, por exemplo, quando ele fala do vapor, <u>a ciência pode servir de interesse de outros, sociais, políticos</u> [professora: Completamente], pessoais.	– Aspectos da NDC ou prática científica: embate entre os cientistas.
Interesse dos cientistas; Questão humana.	Aluno B: Esse <u>interesse dos cientistas</u> e a <u>questão humana</u> dos cientistas envolvidos na ciência.	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: interesse e questões humanas.
Caráter dinâmico da ciência.	Aluno K: O <u>caráter dinâmico da ciência</u> tal.	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: caráter dinâmico da ciência.
Não existência do método científico universal.	Aluno A: A <u>não existência do método científico universal</u> . Não tinha como eles descobrir [...] vai assim, faz.	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: não existência de um método científico universal.
Só alguns poucos gênios. A ciência é mutável. A descoberta mais importante.	Aluno A: Apesar de trazer esses pontos positivos que a gente comentou agora. Era quase aquele aspecto negativo que a gente falou que tem <u>só alguns poucos gênios</u> , que tem um insight, de repente tem uma ideia que resolve uma coisa. É bem isso aí. Ele põe [...] Ele teve um momento, uma brilhante ideia. Que eram só alguns poucos gênios que teve essa ideia. Aluno B: Ideias fantásticas, super maravilhosas, que era superimportante, que é usado até hoje. Porque se a gente contar que <u>a ciência é mutável</u> , então, por mais que ele se encaixe muito bem hoje, pode ser que depois ele possa ser derrubado por algo que seja melhor. Aluno I: Sem contar que o vídeo é muito sensacionalista também. <u>A descoberta mais importante</u> [risadas].	NDC ou prática científica – Crítica a visão ingênua sobre a ciência: a ideia de gênio. NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: a ciência é mutável. NDC ou prática científica – Crítica a visão ingênua sobre a ciência.
Ciência não ser estática; Jogo de interesse.	Aluno I: Acho que bom, como já tinham falado, da <u>ciência não ser estática</u> , ter esse <u>jogo de interesse</u> .	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: a ciência é mutável
Visão dogmática.	Aluno I: Então, essa é a parte negativa, né, que mostra essa <u>visão dogmática</u> , esse distanciamento do cientista das pessoas e tudo mais.	NDC ou prática científica – Crítica a visão dogmática.
Proporciona discussões como essa. Para gente, que somos professores em formação, é importante que a gente tenha isso como subsídio para poder discutir.	Aluno H: Mas por um lado bom essas partes, <u>proporciona discussões como essa</u> . Então, você pode ver vídeos abordando questões como essa com o mesmo discurso só que um viés mais sério, sabe? É isso que eu quero pegar, mesmo, e ponto final, mas [...] para cá, <u>para gente, que somos professores em formação, é importante que a gente tenha isso como subsídio para poder discutir</u> .	Aspectos formativos – Benefícios sobre o uso de vídeos: o uso de vídeos com distorções históricas proporciona discussões. Aspectos formativos – Formação de professores.
Átomo seria colapsado.	Aluno I: Que eu lembro é do Rutherford, que o <u>átomo seria colapsado</u> .	Percepções sobre o episódio histórico - Conceitos científicos adequados.
Até na faculdade a gente	Aluno I: <u>até na faculdade a gente viu dessa forma</u> .	HC – Dificuldades,

viu dessa forma.		desafios e obstáculos sobre os usos da história das ciências.
Sobre a natureza dela. Aprendo melhor a ciência. Aprender melhor o conceito.	Aluno I: Professora, mas se eu fizer, vamos supor o seguinte se eu aprender a natureza da ciência ou história da ciência, isso me diz muito <u>sobre a natureza dela</u> e [...] consequentemente, o [...] eu <u>aprendo melhor a ciência</u> , que uma vez que eu sei como ela funciona eu consigo ter, sei lá, eu tenha uma relação causal entre <u>aprender melhor o conceito</u> e [...].	HC – Benefícios sobre os usos da história das ciências.
Eu não consigo abarcar todos os aspectos de HC no livro didático ou na aula.	Aluno I: Sim, no caso eu partindo desse pressuposto, mas ao mesmo tempo eu aceito que é [...] <u>eu não consigo abarcar todos os aspectos de HC no livro didático ou na aula</u> , porque né não tem como.	Construção de propostas – Desafios sobre a inserção da HC no ensino.
Visão distorcida. Não vai influenciar no aprendizado dele.	Aluno I: E é uma <u>visão distorcida</u> [...]. Professora A: Distorcida. Aluno I: Então no caso isso <u>não vai influenciar no aprendizado dele?</u>	NDC ou Prática Científica – Crítica a uma visão distorcida. HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos
Se eu passar uma pseudo-história eu vou distorcer o conceito. Ele aprenderia melhor se eu contasse a história.	Aluno I: Isso que eu queria dizer [inaudível professora C] Exatamente isso, que é o meu ponto, no caso <u>se eu passar uma pseudo-história eu vou distorcer o conceito</u> , ele vai aprender de forma [...] <u>ele aprenderia melhor se eu contasse a história</u> [...] sei lá [...].	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos; livros didáticos. HC – Benefícios sobre os usos da história das ciências.
O cara é genial, que nunca erra que ele é perfeito e meu deus. Você está tirando a chance dele de se quer pensar que ele pode pensar nessas coisas. Como ele pensou nisso?	Aluno F: Eu acho que o jeito não é aprender bem, acho que é não oprimir o conhecimento, porque é se o caro contar uma ideia mirabolante dessa, meu, como eu vou ter uma ideia dessas? Se eu contar assim, ó não é bem assim que funciona, às vezes ele teve uma ideia quando criança que serviria como uma ponta pé para testar alguma coisa e você não pescou a ideia, mas se eu te falo que <u>o cara é genial, que nunca erra que ele é perfeito e meu deus...</u> Nossa nunca vou ser um Niels Bohr na vida, estudar isso para que? <u>Você está tirando a chance dele de se quer pensar que ele pode pensar nessas coisas.</u> Aluno G: É. Eu acho que não tem essa abertura que a professora comentou tipo. A gente não vai pensar em “ <u>como ele pensou nisso?</u> ”. Não cabe a ele tentar entender como Rutherford.	NDC ou prática científica – Crítica a visão ingênua sobre a ciência. HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos.
Comprometer o conteúdo. Comprometer o conceito.	Aluno I: Então no caso do livro didático de física, de química, de qualquer disciplina, eu tenho várias narrativas, pseudo-narrativas, por exemplo, [a professora A diz sim concordando] elas vão <u>comprometer o conteúdo</u> , certo? Eles vão <u>comprometer o conceito</u> .	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos em livros didáticos.
Tratar o conteúdo sem abarcar nenhuma perspectiva histórica. Deixar o conteúdo	Aluno I: Professora é [...] Por exemplo, quando o professor tiver atuando, ele <u>tratar o conteúdo sem abarcar nenhuma perspectiva histórica</u> , só, sei lá, <u>deixar o conteúdo impessoal</u> [professora A respondeu que sim] ou ele é trata de uma perspectiva histórica...	Construção de propostas – Dúvidas sobre os usos da HC e não uso.

impessoal.	Sei lá, alterada, qual seria mais prejudicial para o aluno, tem como fazer essa relação?	
------------	--	--

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 17 - AC: Transcrição das notas de campo -1º aula (03/05/2018).

Unidades de Registro (UR)	Unidades de Contexto (UC)	Categorias de análise - Índices
Perigos da pseudo-história.	Aluno N: menção dos <u>perigos da pseudo-história</u> .	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos.
Pseudo-história.	Aluno N: dissertou novamente sobre a <u>pseudo-história</u> ;	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos
Antes de Boltzman já existia modelos atômicos.	Aluno N: Crítica à visão passada no vídeo, pois <u>antes de Boltzman já existia modelos atômicos</u> , como o caso do modelo atômico de Dalton e Thomson;	HC – Conhecimentos sobre o campo da HC.
Já havia pesquisas sobre a radioatividade, como o caso do casal Curie.	Aluno N: a parte do vídeo sobre radioatividade incomodou ele, pois colocou como a “grande descoberta sobre a radioatividade”, sendo que antes <u>já havia pesquisas sobre a radioatividade, como o caso do casal Curie</u> ;	HC – Conhecimentos sobre o campo da HC.
Crítica ao termo.	Aluno N: <u>crítica ao termo</u> ” intuição de Rutherford”;	NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
Não usaria o vídeo em sala de aula.	Aluno N: Comentou que <u>não usaria o vídeo em sala de aula</u> .	Construção de propostas didáticas – O uso do vídeo.
Linha do tempo. História da astronomia.	Professora A: Quem já teve contato com o uso da história da ciência no ensino? Aluno G: citou a <u>linha do tempo</u> . Aluno F: teve contato com a <u>história da astronomia</u> .	Aspecto formativo – Formações anteriores.
Pseudo-história nas aulas de Práticas Pedagógicas de Ciências.	Professora A: Vocês já tiveram contato com a pseudo-história nas aulas de PPC ou em outra disciplina? Aluno H: lembrou sobre a <u>pseudo-história nas aulas de Práticas Pedagógicas de Ciências</u> ;	Aspecto formativo – Formações anteriores.
Os textos sobre Joule estudados na Unidade Curricular: Física III.	Aluno J: <u>os textos sobre Joule estudados na Unidade Curricular: Física III</u> do curso de Ciências – Licenciatura.	Aspecto formativo – Formações anteriores.
Benefícios acerca do uso da HC.	Aluno I: Apontou <u>benefícios acerca do uso da HC</u> para o ensino de ciências.	HC – Benefícios sobre os usos da HC.
Problemas no vídeo em relação a natureza da ciência.	Aluno I: Apontou <u>problemas no vídeo em relação a natureza da ciência</u> , como o uso dos termos “descoberta absoluta”;	NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
Problema sobre o uso do termo “cientista brilhante”.	Aluno K: após a fala do aluno I, o aluno K também comentou sobre outro <u>problema sobre o uso do termo “cientista brilhante”</u> ;	NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
Instrumentos de dominação. Visão dogmática.	Professora A: O poder que você confere a poucos eleitos – subordinação; “a ciência provou”; Aluno I: isso serve para o Brasil? Aluno F: a nossa opinião é ilusória, isso acontece dentro de qualquer área; Professora A: Saber os <u>instrumentos de dominação</u> ; Aluno I: <u>Visão dogmática</u> ; Aluno H: Essas partes <u>proporcionam discussões como essa</u> , para ter subsídios;	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: visão dogmática.

Proporcionam discussões como essa.		Aspectos formativos – Formação de professores.
Pouco tempo para a elaboração.	Aluno K: Comentou que tinham <u>pouco tempo para a elaboração</u> dos planos de aula.	Aspectos formativos – Aspectos negativos da proposta didática.
Importância do uso de vídeos distorcidos na formação inicial de professores.	Aluno H: Falou da <u>importância do uso de vídeos distorcidos na formação inicial de professores</u> de ciências, para proporcionar discussões como as que ocorreram em sala durante a sua formação.	Aspectos formativos – Formação de professores.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 18 - AC: Respostas dos questionários sobre o documentário - 1º aula (03/05/2018).

Unidades de Registro (UR)	Unidades de Contexto (UC)	Categorias de análise - Índices
De repente têm uma ideia brilhante e descobre respostas. Somente alguns cientistas gênios é que fazem ciências.	Aluno A: Apesar de haver alguns aspectos positivos (como alguns dos itens da questão anterior) acredito que ainda transmite aquela figura de alguns poucos cientistas geniais, que <u>de repente têm uma ideia brilhante e descobre respostas</u> . Aluno A: Sim, a [inteligível] das respostas das questões anteriores, ou seja, demonstra vários aspectos das NDC, mas também ainda traz aquela figura de <u>somente alguns cientistas gênios é que fazem ciências</u> .	NDC ou prática científica – Crítica à visão ingênua sobre a ciência.
Na pesquisa de história da mecânica quântica.	Aluno A: Acredito que principalmente nas questões de atomística, mas também <u>na pesquisa de história da mecânica quântica</u> .	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos.
Visão dinâmica e abrangente através das formulações de hipóteses iniciais da estrutura da matéria. Destaca a forma empírica à comprovação científica dos fatos envolvidos.	Aluno C: Os aspectos da natureza das ciências observados no vídeo consistem numa <u>visão dinâmica e abrangente através das formulações de hipóteses iniciais da estrutura da matéria</u> física e química que envolve o átomo, sendo a explanação do apresentador <u>destaca a forma empírica à comprovação científica dos fatos envolvidos</u> .	NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a ciência.
Os fatos históricos foram bem explorados.	Aluno C: Sim, pois além de ser abrangente o conceito científico, <u>os fatos históricos foram bem explorados</u> , com vídeos imagens dos cientistas e seus laboratórios, que são raras e que oferece nos oferece até mesmo como curiosidade às formas improvisadas com que os cientistas utilizam em seus experimentos.	NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a história da ciência.
Mostra que o conhecimento científico não é algo “caí do céu”. Passando uma imagem de que o desenvolvimento da	Aluno G: De um conjunto de conhecimentos mutáveis, que podem ser obtidos por meio de exaustivas experimentações, como o trabalho de aferir as partículas que passavam livremente pela folha de ouro, trabalho extremamente mecânico, repetitivo e cansativo, que perdurou por cerca de 1 ano, que <u>mostra que o conhecimento científico não é algo “caí do céu”</u> . Todavia ao meu ver, a ideia de que a Ciência é construída apenas por gênios que nascem 1 a cada geração foi perpetuada, visto que reconhecer a grandeza e a contribuição de mentes brilhantes como a de Niels Bohr e Albert Einstein é fundamental, mas a não divulgação de cientistas que trabalhavam em conjunto com estes ou até mesmo outros que também chegaram as mesmas conclusões acabam <u>passando uma imagem de que o</u>	NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a ciência. NDC ou prática científica – Crítica à visão ingênua sobre a ciência.

Ciência é dirigido por poucas pessoas.	<u>desenvolvimento da Ciência é dirigido por poucas pessoas.</u>	
A tratativa da história da Ciência apresentada por ele é bem elaborada.	Aluno G: O vídeo é bem explicado e <u>a tratativa da história da Ciência apresentada por ele é bem elaborada</u> , de forma que o vídeo se torna algo extremamente agradável de assistir e não gerando interpretações errôneas a respeito do conteúdo abordado pelo apresentador. Adotar uma pessoa capacitada para tratar de Ciência também é um fator de grande importância, pois o conteúdo é transmitido de maneira clara e segura. Um ponto negativo, como mencionado na questão anterior, é o <u>protagonismo excludente presente no vídeo</u> quanto ao “fazer Ciência”. Um ponto um tanto quanto irrelevante, mas que é fácil identificação, foram erros nas legendas em algumas expressões importantes para a compreensão do conteúdo abordado.	NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a ciência. NDC ou prática científica – Crítica à visão ingênua sobre a ciência.
Protagonismo excludente presente no vídeo.		
A possibilidade de mudança da ciência	Aluno H: O ponto mais notável em minha opinião é a maneira como é apresentada <u>a possibilidade de mudança da ciência, o que contradiz muito a prática em algumas salas de aula</u> . É mostrado como os conhecimentos aceitos até alguns momentos foram <u>colocados em xeque</u> para assim ser possível o <u>avanço da ciência</u> . <u>A própria existência do átomo, por exemplo, foi colocada em questão por muitas vezes na história, e ainda é</u> . No vídeo é citado nesse sentido, os experimentos de Rutherford que ajudou na interpretação da estrutura atômica.	NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a história da ciência. Aspectos formativos – Imagem da ciência nas práticas na sala de aula NDC ou prática científica – Mutabilidade dos conhecimentos científicos. NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a ciência, uso do termo “avanço”. HC - Conhecimentos sobre o campo da HC.
O que contradiz muito a prática em algumas salas de aula		
Conhecimentos aceitos até alguns momentos foram colocados em xeque		
Avanço da ciência.		
A própria existência do átomo, por exemplo, foi colocada em questão por muitas vezes na história, e ainda é.		
Mostra como o cientista não é um ser impessoal, imparcial e alheio aos fenômenos que o cercam.	Aluno I: O vídeo apresenta diversos aspectos acerca da natureza da ciência. Em primeiro lugar, <u>mostra como o cientista não é um ser impessoal, imparcial e alheio aos fenômenos que o cercam</u> . Boltzman, por exemplo, suicidou-se por possuir diversos problemas psicológicos e ter sido hospitalizado por parte da comunidade científica ao apresentar ideias demasiadamente surreais. Outro ponto que deve ser destacado é o fato de <u>o vapor ter ganhado certa notoriedade no período pós-guerra, alimentando máquinas, fabricas e servindo aos propósitos industriais e militares</u> . Mostra que <u>a Ciência pode funcionar para atender determinados interesses de grupos específicos</u> .	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: a não neutralidade do cientista. Aspectos formativos – Formações anteriores (exemplo sobre CTS). HC – Conhecimentos sobre o campo da HC: A ciência é influenciada por questões políticas e econômicas.
O vapor ter ganhado certa notoriedade no período pós-guerra, alimentando máquinas, fabricas e servindo aos propósitos industriais e militares.		
A ciência pode funcionar para atender determinados interesses de grupos específicos.		
Dogmática.	Aluno I: Um tanto <u>dogmática</u> . Em muitos momentos,	NDC ou prática científica

<p>Descobertas e evidências irrefutáveis; que o átomo tinha de existir.</p> <p>A Ciência não é mutável, mas sim dinâmica e complexa.</p>	<p>o apresentador fala sobre <u>descobertas e evidências irrefutáveis; que o átomo tinha de existir</u>, afinal, ninguém havia pensado em outras explicações para determinados fenômenos. Em contrapartida, existem os momentos em que faz um balanço da velha escola da comunidade científica colapsando frente aos novos experimentos e teorias de novos físicos, como Bohr e Rutherford, ou seja, uma ressalva que pode mostrar como <u>a Ciência não é mutável, mas sim dinâmica e complexa</u>.</p>	<p>– visão dogmática.</p> <p>NDC ou prática científica: crítica a uma visão ingênua sobre descobertas e evidências irrefutáveis.</p> <p>NDC ou prática científica – A ciência ser dinâmica e complexa.</p>
<p>Imagem equivocada do cientista.</p> <p>Acaba distanciando a população leiga da ciência.</p> <p>Afirmção, a todo o momento, de que a próxima descoberta é “a mais importante da história”.</p> <p>Isso mais uma vez, concebe uma visão errada sobre como a Ciência se estrutura.</p>	<p>Aluno I: Sim. Em primeiro lugar, o vídeo é bastante sensacionalista. Muitas vezes, a tendência faz com que o telespectador construa uma <u>imagem equivocada do cientista</u>; alguém diferente, de outro planeta, um gênio cujas habilidades são inalcançáveis pelas pessoas “normais”. Isso <u>acaba distanciando a população leiga da Ciência</u>, além de compor uma noção errada sobre sua natureza. Outro ponto que deve ser ressaltado, ainda sobre sensacionalismo, é a <u>afirmação, a todo o momento, de que a próxima descoberta é “a mais importante da história”</u>. Ora, se todas são tão importantes assim, nenhuma pode se destacar. <u>Isso mais uma vez, concebe uma visão errada sobre como a Ciência se estrutura</u>. Por outro lado, existem aspectos positivos, comentados nas questões anteriores, tais como deixar evidente – ainda que pouco – a fluidez dos processos científicos, a influência do meio e a humanidade dos cientistas (a despeito de colocá-los em um patamar divino em certos momentos).</p>	<p>HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos.</p> <p>NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.</p> <p>Aspectos formativos – Preocupação com a visão de NDC apresentada aos alunos.</p>
<p>Discutir as concepções de natureza da ciência em aulas prévias.</p> <p>Apesar de ser interessante e uma forma diferente de apresentar o conteúdo, carrega certos aspectos que devem ser debatidos anteriormente.</p> <p>Por um lado, os estudantes irão aprender o conceito científico de átomo e, por outro, edificar uma noção equivocada sobre a Ciência</p> <p>O professor deve se policiar para fomentar uma discussão saudável.</p>	<p>Aluno I: Sim, se o professor <u>discutir as concepções de natureza da ciência em aulas prévias</u>. Os alunos que ainda não se depararam com as questões que permeiam o debate de NDC irão construir - e reforçar – noções errôneas sobre como a Ciência funciona, quais aspectos abarca, suas influências, processos históricos etc. <u>Apesar de ser interessante e uma forma diferente de apresentar o conteúdo, carrega certos aspectos que devem ser debatidos anteriormente. Por um lado, os estudantes irão aprender o conceito científico de átomo e, por outro, edificar uma noção equivocada sobre a Ciência. O professor deve se policiar para fomentar uma discussão saudável</u>.</p>	<p>Construção de propostas – Caminhos para a construção de propostas.</p> <p>Aspectos formativos – Refletir sobre diferentes estratégias para um determinado tema.</p> <p>Aspectos formativos – Refletir sobre a futura prática.</p> <p>Construção de propostas – Caminhos para a construção de propostas.</p>
<p>Insights, intuições dos cientistas.</p>	<p>Aluno K: Teoria e experimentação não é, necessariamente, consequência uma da outra: no vídeo, em várias passagens, trata-se do que o apresentador chamou de <u>insights, intuições dos cientistas</u> que suscitaram uma abstração preparativa</p>	<p>NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.</p>

	para um teorema ou pressuposto, independentemente da experimentação.	
A ideia da natureza da ciência. Genialidade dos cientistas. Intuições, insights. Visão de cientistas como pessoas superdotadas de inteligência	Aluno K: Aspectos positivos é o próprio vídeo – sua qualidade intrínseca de produção e de narrativa: <u>a ideia da natureza da ciência</u> como colocado na questão 1. Aluno K: Aspectos negativos – ele frisa muito sobre a <u>genialidade dos cientistas</u> , suas <u>intuições, insights</u> por várias vezes. Sei que realmente eram pessoas inteligentíssimas, sagazes e vanguardistas, porém, temo que essas falas acabem colaborando um pouco com a <u>visão de cientistas como pessoas superdotadas de inteligência</u> e levar a crer que só pessoas assim são capazes de fazer ciência.	NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a ciência. NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
É adequado, pois há o cuidado de falar sobre ciência, natureza da ciência e de contar a história. No entanto, o professor que expor o vídeo tem de estar preparado para uma série de abordagens e de dúvidas que o vídeo levanta.	Aluno K: Sim, <u>é adequado, pois há o cuidado de falar sobre ciência, natureza da ciência e de contar a história</u> de uma forma provocativa. <u>No entanto, o professor que expor o vídeo tem de estar preparado para uma série de abordagens e de dúvidas que o vídeo levanta.</u> Por exemplo, como se estimulou o tamanho de um átomo se nunca havia visto um! Só para começar! Rsr.	NDC ou prática científica – Visão ingênua sobre a ciência. Aspectos formativos - Refletir sobre diferentes estratégias para um determinado tema.
Caráter divino.	Aluno N: Embora uma visão humana seja retratada na história e contexto onde os cientistas se encontraram, os mesmos ainda possuem uma “aura de intangibilidade” e que lhes são atribuídos um <u>caráter divino</u> (Termos como “Ernest Rutherford foi abençoado com uma intuição sobre humana” ou “Jovens brilhantes e sem apego ao passado eram necessários para revolucionar a física no modo como ela se encontra” certamente não ajudam).	NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
Afasta as pessoas da ciência. “humano insuperável”.	Aluno N: Embora o vídeo traga conceitos baseados em contextos vividos e experimentos efetivados, e mostrar que o método científico pode ser executado de diversas maneiras ele não deixa ausente o clichê de cientistas como <u>“humano insuperável”</u> que <u>afasta as pessoas da ciência</u> .	NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
A ciência não é fruto da observação.	Aluno O: <u>A ciência não é fruto da observação</u> , como o átomo ninguém mesmo conseguiu visualizá-lo e mesmo assim existem teorias embasadas em vários trabalhos científicos que sustentam essa teoria.	NDC ou prática científica – Visão adequada sobre a ciência.
Uma visão de ciência elitista. Uma visão de que a ciência não está ao alcance de todos os cientistas.	Aluno O: A visão de ciência passada no documentário é <u>uma visão de ciência elitista</u> , em que o cientista é um ser iluminado e diferente de pessoas comuns não retrata os diferentes cientistas e vem o esforço diário e trabalho duro para o estudo de teorias científicas anteriores a seu tempo. <u>Uma visão de que a ciência não está ao alcance de todos os cientistas</u> , mas apenas restrito a uma pequena minoria, no entanto, esse tipo de iluminação não existe. Uma vez que sem estudos e trabalho árduo não há resultados.	NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
Visão fechada da ciência e elitista.	Aluno O: Sim, existem bons recursos explicativos no vídeo, uma boa qualidade de imagem de som. No entanto, o documentário tem uma <u>visão fechada da ciência e elitista</u> de que o cientista recebeu uma	NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.

Não relatou acertos e erros e modelos atômicos, que não deram certos esses nem foram citados, e não foi colocada em livros didáticos.	iluminação para fazer determinados experimentos e pesquisas científicas, sem mostrar que algumas delas não foram ao acaso nos foram baseados em observações prévias de outros cientistas como, por exemplo, o experimento de Rutherford do [inteligível] e as partículas alfa. O documentário também <u>não relatou acertos e erros e modelos atômicos, que não deram certos esses nem foram citados, e não foi colocada em livros didáticos</u> , a visão de que o cientista não comete erros é [inteligível] no documentário.	HC – Conhecimentos sobre o campo da HC.
---	---	---

Fonte: Elaborada pela autora.

Nos quadros a seguir são apresentados os dados da segunda aula (10/05/2019), trazendo vários exemplos referentes às transcrições das videogravações e as notas de campo (Quadro 19 e Quadro 20, respectivamente). Assim como os quadros anteriores, são representadas as UR (primeira coluna), as UC (segunda coluna) e as categorias de análise e seus respectivos índices (terceira coluna). Verifica-se que algumas ideias se encaixam em mais de uma categoria, nesses casos são colocados na mesma linha, quais categorias e as respectivas UR para cada uma.

Quadro 19 - AC: Transcrição das videogravações - 2º aula (10/05/2018).

Unidades de Registro (UR)	Unidades de Contexto (UC)	Categorias de análise - Índices
Eu acho que isso é um processo importante para a nossa formação	Professora A: Uma rejeição, ninguém me questionou, mesmo esses que queriam ir para física, que tinham facilidade que achavam que não precisaria daquilo, eles não foram é [...] agressivos, você entendeu? Eles reconheceram que uma boa parte da turma foi importante aquilo Aluno M: Mas sabe professora, <u>eu acho que isso é um processo importante para a nossa formação [...]</u> .	Aspectos formativos – Formação de professores: processo importante para a sua formação.
Construção pessoal também.	Aluno N: Toda a questão do conhecimento não apenas científico é [...] envolve uma <u>construção pessoal também</u> é [...] eu acho que está inerente com a própria ideia do conhecimento você colocar a sua personalidade quando você o constrói. Acho que isso é inerente independente de qualquer situação.	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: construção pessoal.
Começa mesmo a partir da hipótese.	Aluno M: Mas eu acho que <u>começa mesmo a partir da hipótese</u> , porque [...] não sei, mas quando eu vou fazer, fui fazer minhas pesquisas eu começo de uma concepção [inteligível] tem questões do que reforça a cosmovisão.	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: as hipóteses.
De acordo com as visões dele ele apoiava. Questão de interesse pessoal.	Aluno N: No texto eu acho que fala um pouco disso, porque quando ele vai trabalhar as questões que Rutherford apoiou o trabalho de Bohr, é isso, <u>de acordo com as visões dele ele apoiava</u> , tinha até aquelas questões que ele traz no texto, porque que o Rutherford ajudava o Bohr no inglês? Tem uma <u>questão de interesse pessoal</u> por trás disso.	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica: interesses pessoais.
Eu não sei exatamente como ele trabalhou o conteúdo, e é difícil responder se ele atingiu.	Aluno M: Sim, mas, na pergunta que está aqui sobre se a abordagem histórica favoreceu a alfabetização científica dos alunos. Ele cita a Sasseron, relacionando a alfabetização científica, mas pelo fato	Aspectos formativos – Dificuldades relacionadas à proposta didática: O recorte dos exemplos de

	de ser aberto, <u>eu não sei exatamente como ele trabalhou o conteúdo, e é difícil responder se ele atingiu</u> , porque ele fala assim, vai ser trabalho slides, fazer questionamentos, depois ele começa a uma proposta mais CTS, aí eu não sei até que ponto ele retomou.	inserção da HC no ensino.
Interesse pessoal.	Aluno M: Eu ia fazer uma questão, mas eu transformei em afirmação. Era a questão do trabalho do Rutherford sua relação com Bohr e tem a questão do <u>interesse pessoal</u> . Eu anotei que isso reflete em vários campos.	NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: interesse pessoal.
O texto foi me ajudando a entender melhor a matéria.	Aluno M: Mas professora sabe uma coisa que eu achei muito curioso, eu li o texto antes da aula de inorgânica na segunda, na terça, e a gente tá estudando química pura, e aí entra nesses aspectos da estrutura da matéria, e aí <u>o texto foi me ajudando a entender melhor a matéria</u> porque você vai entendendo como foi a construção.	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos formativos do texto.
Não mostra uma construção, isso dificulta muito. Visão muito imediatista e individualista.	Aluno M: [...] eu li um trabalho que está falando de Linus Pauli ele cita o nome e às vezes a gente vê em aula, que a gente está falando de modelos atômicos que são jogados, <u>não mostra uma construção, isso dificulta muito</u> , é uma visão muito estranha. Aluno N: É uma <u>visão muito imediatista e individualista</u> Aluno M: É assim, ele fez isso, ele fez isso, ele fez isso, não tem influência com o anterior é muito difícil.	HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos; NDC ou Prática científica – Crítica a visão imediatista e individualista.
Primeiro termo e para quem está fazendo orgânica.	Professora A: Esse texto, por exemplo, para que termo, então, para que termo vocês acham [...]? Aluno M: <u>Primeiro termo e para quem está fazendo orgânica</u> [risos].	Percepções sobre o episódio histórico – Como e onde utilizar esse texto histórico.
Não sei se vale a pena ter uma aula expositiva diante de um texto desses. Acho que um texto desse substitui toda uma aula de modelos atômicos.	Aluno M: Então eu acho que é a mesma coisa, tem que ser trabalhado o texto e eles ir construindo. Eu <u>não sei se vale a pena ter uma aula expositiva diante de um texto desses</u> , eu <u>acho que um texto desses substitui toda uma aula de modelos atômicos</u> .	Aspectos formativos - Refletir sobre diferentes estratégias para um determinado tema. Percepções sobre o episódio histórico – Como e onde utilizar o texto histórico.
Mesma história que Lavoisier estudava essas questões da matéria, das transformações sem ter um modelo atômico.	Aluno M: É a <u>mesma história que Lavoisier estudava essas questões da matéria, das transformações sem ter um modelo atômico</u> .	HC – Conhecimentos sobre o campo da história das ciências.
Muitos pesquisadores de ciências não sabem sobre a história e filosofia da ciência.	Aluno M: Então professora eu não sei, porque tem uma parte do texto inclusive que fala que <u>muitos pesquisadores de ciências não sabem sobre a história e filosofia da ciência</u> . Talvez fosse isso, ele entendesse muito bem de física, mas talvez ele não tivesse esse lado sobre as questões humanas.	HC – Dificuldades, desafios e obstáculos sobre os usos da história das ciências.
Ele é realmente muito completo, é um texto que eu pessoalmente usaria no ensino médio. Fazendo um recorte.	Aluno N: É, assim, minha visão pessoal, <u>ele é realmente muito completo, é um texto que eu pessoalmente usaria no ensino médio</u> [...]. Aluno M: <u>Talvez fazendo um recorte</u> . Professora B: Olha, dependendo do ensino médio eu o acho meio pesado. Aluno N: Eu assim... é porque, <u>eu não achei pesado</u> ,	Aspectos formativos - Refletir sobre a futura prática: “um texto que eu pessoalmente usaria no ensino médio”. Percepções sobre o

<p>Eu não achei pesado.</p> <p>O texto é fluido, é longo, mas é uma leitura agradável.</p> <p>As primeiras dez páginas do texto, eu perfeitamente acho que é perfeitamente aplicável.</p>	<p>eu não vou mentir não</p> <p>Professora A: Será porque teve a aula antes?</p> <p>Aluno M: Mas eu também não achei, <u>o texto é fluido, é longo, mas é uma leitura agradável.</u></p> <p>Aluno N: É que eu pessoalmente o vejo como uma possibilidade muito grande de contribuir. E é um texto assim, os recortes na parte espectroscópica, beleza, agora no que envolve a história dos modelos, dos conflitos sociais dos cientistas, que são se eu não me engano <u>as primeiras dez páginas do texto, eu perfeitamente acho que é perfeitamente aplicável.</u></p>	<p>episódio histórico – Como e onde utilizar o texto histórico.</p> <p>Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos positivos do texto.</p> <p>Percepções sobre o episódio histórico – Como e onde utilizar o texto histórico.</p>
<p>Se a gente lese parte do texto em cada aula.</p>	<p>Aluno M: Talvez <u>se a gente lese parte do texto em cada aula</u>, eu fiz uma disciplina onde trabalhava partes do texto, eu acho que dá para trabalhar, aí você vai levantando pontos com eles, que eles tenham dúvidas.</p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Como e onde utilizar o texto histórico.</p>
<p>Ajudou bastante.</p> <p>Ele direciona bastante as aulas dele, a história da ciência.</p>	<p>Pesquisadora A: Ela [mestranda PAD da disciplina de química] ia perguntar se a aula anterior ajudou a preparar para a leitura do texto.</p> <p>Aluno M: Eu vi os <i>slides</i>, depois que eu li o texto.</p> <p>Aluno N: <u>Ajudou bastante</u>, assim, mas não só essa parte, eu estou dando a monitoria de Química I, com um professor que também pesquisa sobre história da ciência, então tem o adicional que as questões, ele trabalha, <u>ele direciona bastante as aulas dele, a história da ciência.</u></p>	<p>Aspectos formativos - Pontos positivos em relação a proposta didática</p> <p>Aspectos formativos – Formações anteriores.</p>
<p>A ideia do pudim de passas é errada.</p>	<p>Aluno M: Eu tenho uma dúvida, uma vez a gente estava numa aula e a gente acabou falando sobre os modelos atômicos, se a gente falar pudim de passas [...]. Ele realmente falou pudim de passas, porque no texto fala que <u>a ideia do pudim de passas é errada</u>, porque passa uma ideia de elétrons fixos e o Thomson falava que os elétrons se mobilizavam.</p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Conceitos científicos adequados.</p>
<p>O pudim de passas é estático.</p> <p>Não teria como as passas se movimentarem numa massa.</p>	<p>Aluno N: Porque <u>o pudim de passas é estático.</u></p> <p>Aluno M: Exatamente, porque <u>não teria como as passas se movimentarem numa massa.</u></p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Conceitos científicos adequados.</p>
<p>Pegar os documentos do século XX já é difícil imagina fazer a leitura desses trabalhos.</p>	<p>Aluno M: Nossa eu fico imaginando o trabalho que dá, eu faço Iniciação Científica com o professor x e <u>pegar os documentos do século XX já é difícil imagina fazer a leitura desses trabalhos.</u></p>	<p>HC – Dificuldades, desafios e obstáculos sobre os usos da história das ciências.</p>
<p>Aí passava um conceitozinho [sic], passava batido.</p>	<p>Aluno J: O texto começou história, história, história, história, aí <u>passava um conceitozinho [sic], passava batido.</u></p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos negativos do texto.</p>
<p>Achei o texto muito bem escrito, não foi uma leitura difícil.</p>	<p>Aluno I: Eu gostei muito do texto, diferente do aluno J, mas eu gosto dessa parte de HC, <u>achei o texto muito bem escrito, não foi uma leitura difícil</u>, concordo com ele, não tem muito outros temas, o foco principal foi história e eu não acho problema, tem muitos textos que falam sobre isso, tem outros que falam sobre educação ou CTS.</p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos positivos do texto.</p>
<p>Eu já estava esperando isso porque a gente teve</p>	<p>Professora A: E o modo como ele apresenta a história de Bohr? Diferente do que você viu no livro</p>	<p>Aspectos formativos – Pontos positivos da</p>

<p>aquela aula né.</p> <p>Àquela discussão que a gente teve na aula.</p>	<p>didático?</p> <p>Aluno I: Não, com certeza, <u>eu já estava esperando isso porque a gente teve aquela aula né.</u></p> <p>Professora A: O texto é um fechamento do que ela começou né [aponta para a pesquisadora A].</p> <p>Aluno I: É então no caso foi <u>àquela discussão que a gente teve na aula.</u></p>	<p>proposta didática.</p>
<p>Não concordo que ele deveria ser passado no Ensino Médio.</p>	<p>Aluno I: Mas eu <u>não concordo que ele deveria ser passado no Ensino Médio.</u> Não sei se era a discussão, só estou fazendo um paralelo.</p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Como e onde utilizar o texto histórico.</p>
<p>Eu gostei por não focar nos principais cientistas.</p> <p>Trazer outros cientistas que normalmente são esquecidos, mas que tiveram grande importância.</p>	<p>Aluno D: Eu gostei por não focar nos <u>principais cientistas</u>, é porque normalmente quando a gente vai estudar o átomo é sempre os mesmos, esse aqui fez isso, depois esse aqui fez aquilo, e esse fez outro modelo. Aí começa a <u>trazer outros cientistas que normalmente são esquecidos, mas que tiveram grande importância</u> para o negócio. Eu gostei muito dessa parte, quando mostra esses outros.</p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica.</p>
<p>Eu gostei do texto.</p> <p>Conhecer esses outros cientistas.</p>	<p>Aluno E: É eu li, <u>eu gostei do texto</u>, basicamente, eu gosto de textos assim de HC. Com relação aos conceitos eu consegui enxergar de forma superficial, acredito que esse não era a forma que o texto foi abordado. O que eu achei mais interessante foi <u>conhecer esses outros cientistas.</u></p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos positivos e negativos.</p>
<p>Eu gostei, achei que estava fácil de ler.</p> <p>Gostei bastante que focou muito no Nagaoka.</p> <p>Naquela época ele chegou tão perto de um modelo mais ideal e desistiu.</p> <p>Para chegar onde está foi o esforço de muita gente não só um cara que conseguiu tudo sozinho.</p>	<p>Aluno L: Eu gostei, achei que estava fácil de ler. Eu <u>gostei bastante que focou muito no Nagaoka</u>, ele merecia isso, depois eu fui pesquisar mais informações sobre ele, e não achei muita coisa sobre ele. Eu fiquei pensando, como <u>naquela época ele chegou tão perto de um modelo mais ideal e desistiu.</u> Então foi muito legal falar sobre esses cientistas, dessa visão, que <u>para chegar onde está foi o esforço de muita gente não só um cara que conseguiu tudo sozinho</u>, achei bem legal.</p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos positivos e negativos.</p> <p>NDC – Aspectos da NDC ou prática científica: coletividade na ciência.</p>
<p>Na introdução já começa falando que tem a intenção de quebrar com isso, que sempre tem um cientista brilhante que parece que descobriu tudo sozinho.</p>	<p>Professora A: Você achou que o texto faz um contraponto a visão do vídeo, por exemplo, só três ou quatro daqueles caras brilhantes, deu para colocar um contraponto?</p> <p>Aluno L: Sim, tanto é que <u>na introdução já começa falando que tem a intenção de quebrar com isso, que sempre tem um cientista brilhante que parece que descobriu tudo sozinho.</u> Não, teve muitos outros, mas não dá para tratar de todos num texto só, tem que tratar de outros que foram muito importantes também.</p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos formativos do texto.</p>
<p>A gente já tinha visto a apresentação da pesquisadora A e foi legal né.</p>	<p>Aluno K: Achei interessante, <u>a gente já tinha visto a apresentação da pesquisadora A e foi legal né</u>, ver um pouco mais dos detalhes né. É, acho que é bacana essa parte que ele conta da injustiça e de assim é, <u>de ser fazer ciências com várias mãos, vários caras</u></p>	<p>Aspectos formativos – Aspectos positivos da proposta didática.</p>

De ser fazer ciências com várias mãos, vários caras estudando coisas parecidas, com objetivos diferentes.	<u>estudando coisas parecidas, com objetivos diferentes</u> , mas enfim, saber se complementando, não de uma forma necessariamente amistosa. Um usa o conhecimento que o outro já desenvolveu. Achei também de certa forma, que o Bohr também teve o mérito dele, ele foi aglutinador de vários conhecimentos ali.	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica.
Baseado no texto da aula passada isso melhora a concepção de natureza da ciência e isso melhora a concepção dos conceitos também.	Aluno I: Porque eu acho que <u>baseado no texto da aula passada isso melhora a concepção de natureza da ciência e isso melhora a concepção dos conceitos também.</u>	Aspectos formativos – Pontos positivos em relação a proposta didática.
Se eu partir do pressuposto que se o aluno conhecer sobre história da ciência vai ter uma melhor percepção da natureza da ciência e dos conceitos científicos.	Aluno I: Se eu partir do pressuposto que se o <u>aluno conhecer sobre história da ciência vai ter uma melhor percepção da natureza da ciência e dos conceitos científicos, como que eu levo isso para a sala de aula?</u> Porque se eu for tratar só de átomo, olha o tanto de coisa que a gente já leu, mas não tem só átomo no Ensino Médio, pelo contrário. Então <u>eu não sei por onde começar, nem toda aula eu vou ter que levar uma abordagem histórica, mas se eu não levar em nenhuma, seria pior se eu levasse em outra.</u> Então, por onde o professor pode, por exemplo, para ele dar um pontapé inicial para que de fato ele possa entender a história da ciência para cada conceito? Porque se jogarmos no Google vai ter muitos textos, <u>os livros didáticos muitas vezes passam uma visão bem estereotipada.</u>	Aspectos formativos – Refletir sobre diferentes estratégias para um determinado tema.
Nem toda aula eu vou ter que levar uma abordagem histórica, mas se eu não levar em nenhuma, seria pior se eu levasse em outra.		Aspectos formativos – Refletir sobre a futura prática “nem toda aula eu vou ter que levar uma abordagem histórica...”.
Como que eu levo isso para a sala de aula?		Construção de propostas: Dificuldades, caminhos, desafios, obstáculos.
Eu não sei por onde começar.		
Os livros didáticos muitas vezes passam uma visão bem estereotipada.		HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos em livros didáticos.
Quebra aquele paradigma que a Ciência é neutra, que ela é elitista, cada personagem é um gênio, que os conceitos não vieram do nada que um influencia o outro.	Professora A: Sim, geralmente é, por exemplo, que aspectos da natureza da ciência, vocês perceberam no texto? Aluno I: Então ele <u>quebra aquele paradigma que a Ciência é neutra, que ela é elitista, cada personagem é um gênio, que os conceitos não vieram do nada que um influencia o outro.</u> Por exemplo, faz uma ponte entre, sei lá, as primeiras pessoas que trouxeram os primeiros conceitos para Dalton, tem muito conceito, <u>mas como levar isso para a sala de aula?</u> Professora A: Sim, esse é o grande desafio. Aluno I: Até porque o que a gente está vendo aqui é só um tema, beleza é sobre natureza da ciência, mas é só sobre o átomo, só sobre Bohr ainda. Professora A: É o recorte, do recorte, do recorte. Aluno I: Exatamente, <u>como trazer uma percepção dessas no Ensino Médio?</u>	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica.
Mas como levar isso para a sala de aula?		Construção de propostas: Dificuldades, caminhos, desafios, obstáculos.
Como trazer uma percepção dessas no Ensino Médio?		
	Professora A: Mais aspectos de natureza da ciência no texto? Aluno K: <u>Tira um pouco daquela falsa ideia de experimentação e teoria aquela coisa.</u>	

Tira um pouco daquela falsa ideia de experimentação e teoria. Quebra um pouco aquela imagem de experimentação, teoria.	Professora A: Ah que ótimo o que você achou? Aluno K: Acaba, porque assim tem até um trecho que ele fala houve abstrações e ele fecha uma teoria aproveitando as coisas do Planck, havia uma matematização e o cara aproveitou para corroborar com o postulado dele. É ele não buscava necessariamente ficar explicando o experimento de Rutherford, foram dados que foram se agregando. Então <u>quebra um pouco aquela imagem de experimentação, teoria.</u>	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica.
No Ensino Médio não teve nem isso, mas isso predominou bastante no ciclo básico da faculdade.	Aluno H: Estou falando porque assim, uma coisa mais particular, <u>no Ensino Médio não teve nem isso, mas isso predominou bastante no ciclo básico da faculdade.</u>	HC – Dificuldades, desafios e obstáculos sobre os usos da história das ciências.
O Planck já propôs a energia como discreta, aí a espectroscopia foi em cima disso. Pelo livro do Eisberg, ele cita o quanta como se fosse o Planck.	Aluno G: Mas professora, <u>o Planck já propôs a energia como discreta, aí a espectroscopia foi em cima disso.</u> Professora A: Ele não sabia o que significava isso, e ele mesmo não acreditava. Aluno G: Mas o quanta é ele que propõe [...], mas eu pesquisei pelo livro lá, <u>pelo livro do Eisberg, ele cita o quanta como se fosse o Planck que propôs.</u>	Percepções sobre o episódio histórico – Conceitos científicos inadequados. HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos em livros didáticos.
Porque ele partiu de outros modelos, além do Thomson.	Professora A: Por que ele colocou um anteparo circular? Aluno H: <u>Porque ele partiu de outros modelos, além do Thomson.</u> Que era o modelo de Nagaoka que já citava os espaços.	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica.
A impressão que eu tive no texto. É que a ciência inteira estava fazendo uma mobilização para definir isso aí.	Aluno I: E esses modelos que a gente está estudando, é de 1913, 1904. <u>A impressão que eu tive no texto</u> como eles colocam as descobertas e os experimentos do átomo, <u>é que a ciência inteira estava fazendo uma mobilização para definir isso aí.</u> Minha pergunta é: até que o ponto os cientistas, todos eles estavam preocupados com o modelo atômico, sobre a natureza do átomo? Porque assim, obvio que tinha linhas de pesquisas diferentes, nem todo mundo vai investigar sobretudo, mas é uma coisa que eu tive ao ler o texto, que a ciência toda, todo mundo se esforçando naquele centro sobre o átomo e tal.	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos negativos sobre o texto.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 20 - AC: Transcrição das notas de campo - 2º aula (10/05/2018).

Unidades de Registro (UR)	Unidades de Contexto (UC)	Categorias de análise - Índices
Aspecto da natureza da ciência presentes no texto.	Aluno M: apontou um <u>aspecto da natureza da ciência presentes no texto</u> , perguntou o porquê Rutherford apoiava Bohr em seus trabalhos, quais eram seus pressupostos;	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica.
O texto ajudou entender alguns conteúdos de química inorgânica. Entender melhor sobre a estrutura da matéria.	Aluno M: O texto ajudou entender <u>alguns conteúdos de química inorgânica</u> que ele estava vendo em outra unidade curricular. <u>Entender melhor sobre a estrutura da matéria.</u>	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos formativos do texto.
A inserção da HC no ensino é um processo	Aluno N: <u>A inserção da HC no ensino é um processo gradual.</u>	Construção de propostas didáticas – Desafios para

gradual.		a construção de propostas.
O texto substitui uma aula sobre modelos atômicos.	Aluno M: <u>O texto substitui uma aula sobre modelos atômicos.</u>	Percepções sobre o episódio histórico – Como e onde utilizar o texto.
Dificuldades em se inserir a HC nos primeiros termos da graduação.	Aluno N: Apontou <u>dificuldades em se inserir a HC nos primeiros termos da graduação.</u>	Construção de propostas didáticas – Desafios para a construção de propostas.
Usaria um documentário distorcido na formação de professores. Tem receio em utilizar esse tipo de recurso na educação básica.	Aluno N: <u>Usaria um documentário distorcido na formação de professores</u> , para se discutir sobre erros de conteúdo por causa da pseudo-história, dentre outros tópicos, entretanto, <u>tem receio em utilizar esse tipo de recurso na educação básica.</u>	Construção de propostas didáticas – Caminhos na construção de propostas.
Era apenas história. Gostou da abordagem e do texto. Gostou do texto. Gostou mais do vídeo, para ensinar conceitos.	Aluno J: não gostou do texto, para ele <u>era apenas história.</u> Aluno J: <u>gostou mais do vídeo, para ensinar conceitos.</u> Aluno I: <u>gostou da abordagem e do texto</u> em si; Aluno K: gostou; Aluno D: <u>gostou do texto</u> , pois abordou alguns cientistas que não são abordados normalmente (Nagaoka e Nicholson); Aluno B: Nagaoka e Nicholson;	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos negativos do texto. Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos positivos do texto.
Ajudou a tirar aquela ideia de falsa relação entre experimento e observação.	Aluno K: Comentou que o texto histórico <u>ajudou a tirar aquela ideia de falsa relação entre experimento e observação</u> (laboratório, observação, experimentação, dados, análise e teoria – método científico).	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica.
Achou interessante o texto. Ficou com dúvida porque o Bohr teve tanta expressão na época.	Aluno K: <u>Achou interessante o texto</u> , a apresentação da Stephanie, foi legal para compreender um pouco o episódio. Achou interessante o mérito do Bohr ao juntar todos os temas. Ele <u>ficou com dúvida porque o Bohr teve tanta expressão na época</u> , principalmente depois que voltou para a Dinamarca, começou a comentar que ele era de uma família nobre, a amizade com o Rutherford.	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos da NDC ou prática científica.
Como levar isso para a sala de aula.	Aluno I: questionou <u>como levar isso para a sala de aula.</u>	Construção de propostas: Dificuldades, caminhos, desafios, obstáculos.

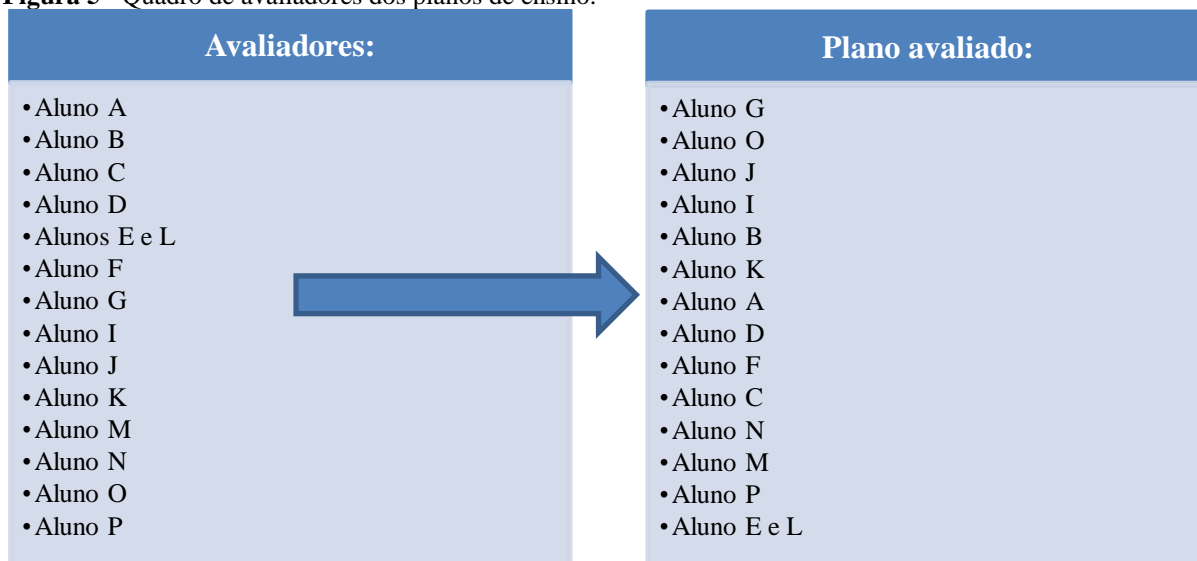
Fonte: Elaborada pela autora.

Nos quadros a seguir são apresentados os dados da terceira aula (17/05/2019), contendo às transcrições das notas de campo (Quadro 21), às repostas dos roteiros 4 de avaliação desses planos corrigidos pelos próprios participantes da pesquisa na avaliação pelos pares (Quadro 22), bem como exemplos presentes nos planos de ensino elaborados pelos licenciandos (Quadro 23). Assim como nos quadros anteriores, são representadas as UR (primeira coluna), as UC (segunda coluna) e as categorias de análise e seus respectivos índices (terceira coluna).

O quadro de avaliadores dos planos de ensino é mostrado na figura 3, destacando o autor de cada plano e seu respectivo avaliador, para uma melhor compreensão de algumas UR

e UC apresentadas em determinadas notas de campo e das próprias respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino.

Figura 5 - Quadro de avaliadores dos planos de ensino.



Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 21 - AC: Transcrição das notas de campo - 3º aula (17/05/2018).

Unidades de Registro (UR)	Unidades de Contexto (UC)	Categorias de análise - Índices
Eu achei surpreendentemente difícil, eu não imaginei que inserir a HC fosse tão complexo.	Aluno N: <u>Eu achei surpreendentemente difícil, eu não imaginei que inserir a HC fosse tão complexo.</u> É difícil.	Construção de propostas – Dúvidas, dificuldades sobre os usos da HC:
Achou interessante ele colocar a história já no tema da proposta.	Aluno M: Proposta do aluno N “Modelos atômicos e a história dos modelos atômicos”. <u>Achou interessante ele colocar a história já no tema da proposta.</u> Comenta também que no conteúdo programática ele também coloca a história dos modelos, ele achou interessante, pois para ele não é normal colocar a história como conteúdo programático.	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Deixa claro nos objetivos que a história seria um conteúdo, tinham aspectos da NDC.	Aluno M: Sobre a abordagem histórica, ele comenta que o aluno N <u>deixa claro nos objetivos que a história seria um conteúdo, tinham aspectos da NDC.</u>	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
O próprio tema proporciona a interdisciplinaridade	Aluno M: se apresenta interdisciplinaridade, o aluno comenta que <u>o próprio tema proporciona a interdisciplinaridade.</u>	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos formativos do texto.
Poderia colocar mais objetivos. Não discutiu as características da turma, o perfil da classe, as peculiaridades relevantes não foram pontuadas.	Aluno P: Negativo: <u>poderia colocar mais objetivos,</u> que o único objetivo que ela colocou focou apenas na HC, poderia trabalhar outros conceitos além da HC que ela pontuou. <u>Não discutiu as características da turma, o perfil da classe, as peculiaridades relevantes não foram pontuadas</u>	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Entretanto, basicamente	Aluno J: O trabalho é bom, <u>entretanto, basicamente a</u>	Construção de propostas

<p>a proposta dele é passar o conceito de átomo, não traz nenhuma abordagem sobre a HC ou NDC.</p> <p>Trabalho não é descrito como iria utilizar este recurso e não tem como identificar se é uma abordagem histórico ou conceitual.</p>	<p><u>proposta dele é passar o conceito de átomo, não traz nenhuma abordagem sobre a HC ou NDC. Tem o uso de um vídeo, mas no trabalho não é descrito como iria utilizar este recurso e não tem como identificar se é uma abordagem histórico ou conceitual. É descrito que o aluno irá propor a elaboração de maquetes.</u></p>	<p>– Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.</p>
<p>Descreve a escola, caracterizou a turma, definiu o tema.</p> <p>Acha que ficou muito focado na HC, na descrição comentam que está sempre focando nos cientistas e não nos conceitos.</p> <p>A ciência é construída por várias pessoas, os modelos apresentam limitações.</p> <p>Os objetivos focaram muito no professor.</p>	<p>Alunos E e L: <u>Descreve a escola, caracterizou a turma, definiu o tema, acha que ficou muito focado na HC, na descrição comentam que está sempre focando nos cientistas e não nos conceitos, tem aspectos da NDC, a ciência é construída por várias pessoas, os modelos apresentam limitações. Os objetivos focaram muito no professor.</u></p>	<p>Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.</p> <p>Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.</p> <p>NDC ou prática científica – aspectos da NDC ou prática científica: coletividade na ciência.</p> <p>Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.</p>
<p>As aulas estavam conectadas uma com a outra. O tempo foi adequado.</p>	<p>Aluno E e L: <u>As aulas estavam conectadas uma com a outra. O tempo foi adequado.</u></p>	<p>Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.</p>
<p>As aulas são muito boas.</p> <p>Como ele colocou como objetivo a contextualização ele acha que faltou.</p> <p>mas achou que na proposta da pessoa, a HC ficou apenas introdutória</p>	<p>Aluno F: <u>As aulas são muito boas. Como ele colocou como objetivo a contextualização ele acha que faltou. Metodologia coerente. Avaliação adequada. Eu não sei se eu entendi errado como se aborda a HC, mas achou que na proposta da pessoa, a HC ficou apenas introdutória.</u></p>	<p>Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.</p> <p>Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.</p>
<p>Traz outros modelos, cita os cientistas não reconhecidos.</p>	<p>Aluno O: <u>Traz aspectos da NDC fala do átomo desde a Grécia, traz outros modelos, cita os cientistas não reconhecidos.</u></p>	<p>NDC ou prática científica – aspectos da NDC ou prática científica.</p>
<p>Crítica uma parte que o aluno vai falar sobre</p>	<p>Aluno G: <u>[...] Crítica uma parte que o aluno vai falar sobre radioatividade em uma única aula, e nessa aula</u></p>	<p>Construção de propostas – Lacunas existentes nos</p>

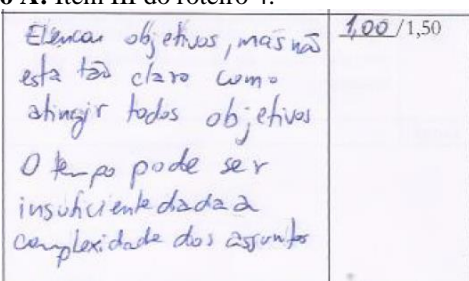
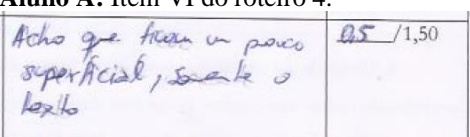
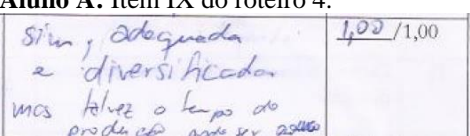
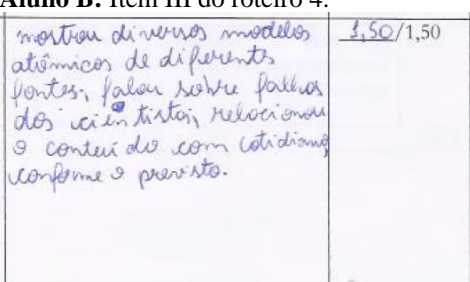
radioatividade em uma única aula. Não tem como afirmar que não vai atingir também. Faltou detalhar.	teria um vídeo de 22 min e acredita que não tem como alcançar o objetivo de desenvolver um conhecimento sobre radioatividade em uma aula. Professora A: Não tem como afirmar se vai atingir o objetivo? Aluno G: Sim, mas <u>não tem como afirmar que não vai atingir também. Faltou detalhar.</u>	planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Gostou que a proposta é bastante diversificada. Interdisciplinaridade entre as áreas.	Aluno B: <u>Gostou que a proposta é bastante diversificada, vários recursos, metodologias, avaliação também, desde exercícios, até uma redação. Interdisciplinaridade entre as áreas.</u>	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
O texto histórico virou coadjuvante.	Aluno J: Comenta que <u>o texto histórico virou coadjuvante.</u> Comenta sobre as pesquisas, vídeos utilizados.	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Achou interessante o uso de laboratório para trabalhar sobre a espectroscopia. A HC é o norte do trabalho. Não tem muito detalhe sobre o conteúdo abordado.	Aluno K: <u>Achou interessante o uso de laboratório para trabalhar sobre a espectroscopia, laboratório caseiro de baixo custo. A HC é o norte do trabalho. Não tem muito detalhe sobre o conteúdo abordado.</u>	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos. Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Não coloca como utilizaria o texto. Fica apenas na discussão dessa aula	Aluno A: A parte da HC, na primeira aula ele cita que irá utilizar o texto lido na sala de aula. Ele só coloca a utilização do texto, mas <u>não coloca como utilizaria o texto.</u> A HC <u>fica apenas na discussão dessa aula,</u> depois tem os vídeos, e posteriormente entra mais na parte de física nuclear.	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
A HC fica apenas como tema introdutório	Professora A: A história ficou uma coisa mais introdutória né. Aluno A: Isso, como tema disparador, depois vem vídeo sobre o CERN, questões, LHC, avanços tecnológicos (entrega de um texto). Acha que traz um conceito difícil de ser tratado, mas <u>a HC fica apenas como tema introdutório.</u>	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Achou a proposta complexa para o terceiro ano do EM. Achou complicado avaliar a proposta porque não descreve muito bem as aulas.	Aluno D: <u>Achou a proposta complexa para o terceiro ano do EM. Achou complicado avaliar a proposta porque não descreve muito bem as aulas.</u> A história é usada, mas ele não consegue descrever como ela seria usada.	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Achou o texto pesado para o EM.	Aluno D: <u>Achou o texto pesado para o EM.</u>	Percepções sobre o episódio histórico – Como e onde utilizar o texto histórico.
O texto não é pesado e é tranquilo de ler. A linguagem é acessível.	Aluno G: Comenta que <u>o texto não é pesado e é tranquilo de ler. A linguagem é acessível.</u>	Percepções sobre o episódio histórico – Aspectos positivos do texto.

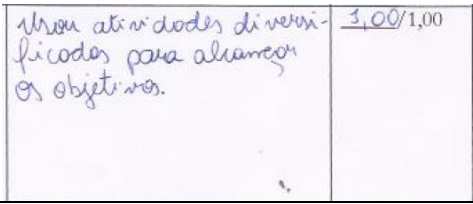
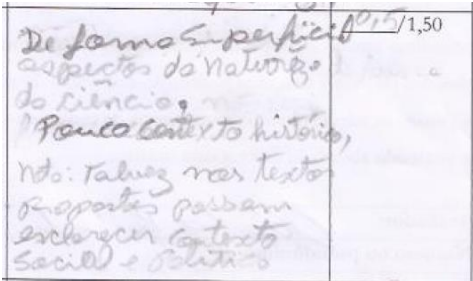
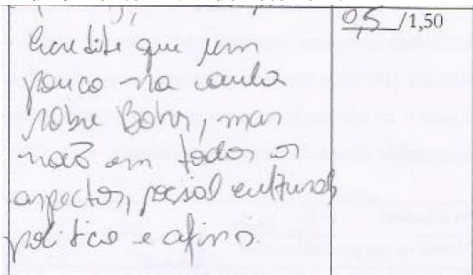
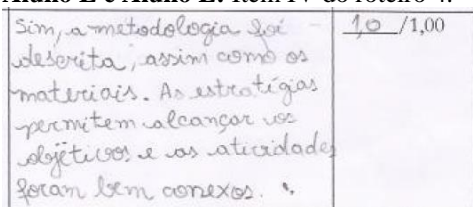
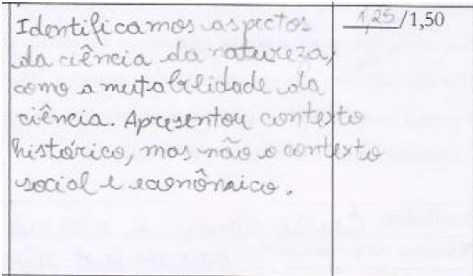
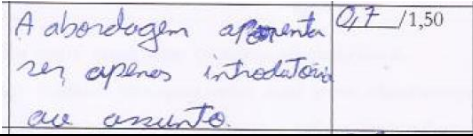
Foi interessante, que o curso dá várias propostas, mas não se preocupa muito sobre a avaliação.	Professora A: Pergunta se os alunos gostaram da avaliação entre pares. Aluno F: Comenta que <u>foi interessante, que o curso dá várias propostas, mas não se preocupa muito sobre a avaliação.</u>	Aspectos formativos – Pontos positivos da proposta didática.
Achou interessantes o roteiro e a avaliação aos pares. Utilizar como base o roteiro de avaliação para poder avaliar quando ele começasse a lecionar.	Aluno K: <u>Achou interessantes o roteiro e a avaliação entre pares.</u> Comentou que tirou foto do quadro de avaliação para ele <u>utilizar como base o roteiro de avaliação para poder avaliar quando ele começasse a lecionar.</u>	Aspectos formativos – Pontos positivos da proposta didática Aspectos formativos – formação de professores.

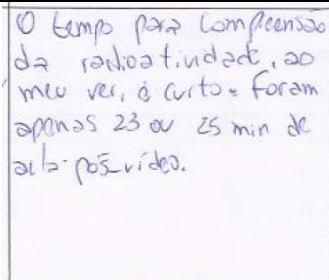
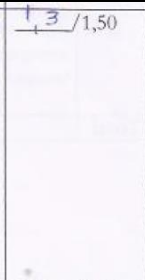
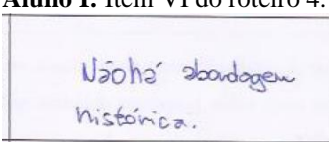
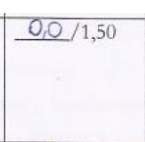
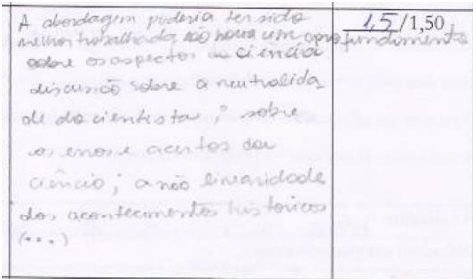

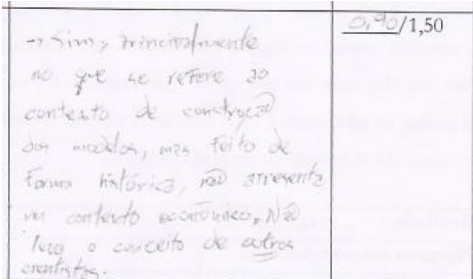

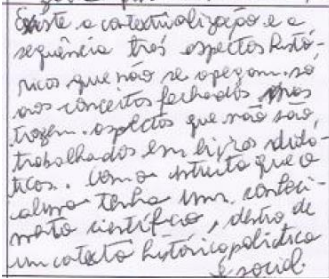
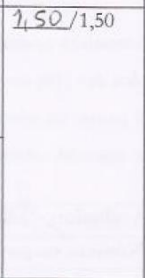
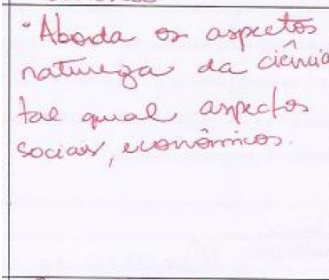

Fonte: Elaborada pela autora.

No quadro a seguir são indicados alguns exemplos de avaliação feitas pelos próprios licenciandos; são mostradas as UR e as UC. Neste quadro, são mostrados os avaliadores dos planos de ensino e o item avaliado por parte dos alunos. Esses itens estão descritos no roteiro 4 de avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica (Apêndice G), como foi destacado no capítulo anterior.

Quadro 22 - AC: Respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica - 3º aula (17/05/2018).

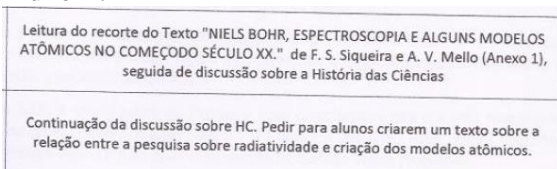
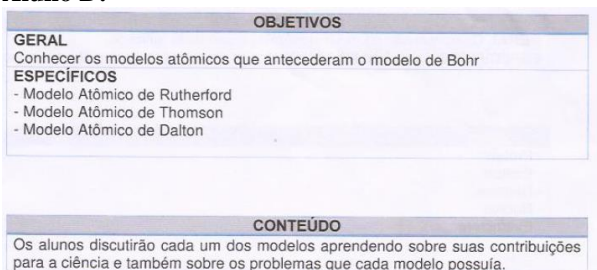
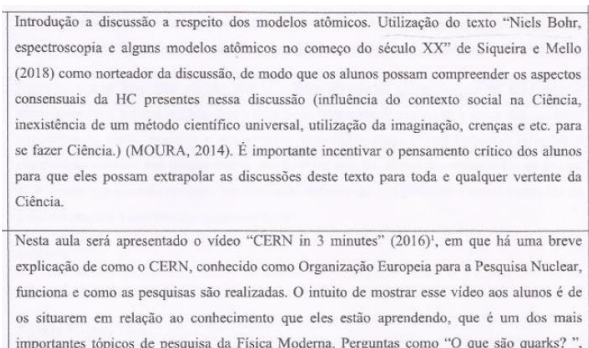
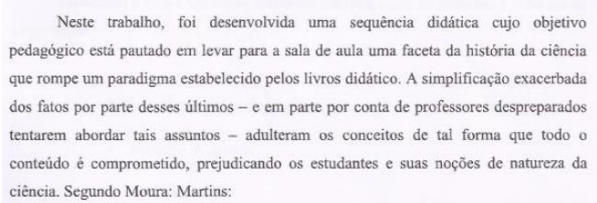
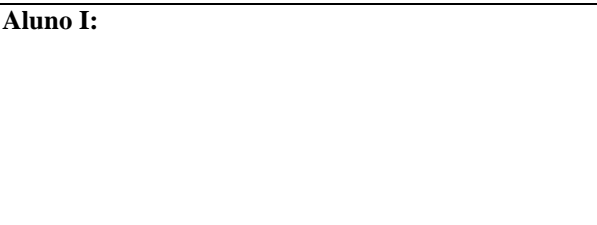
Unidades de Registro (UR)	Unidades de Contexto (UC)	Categorias de análise - Índices
Mas não estão tão claros como atingir todos os objetivos. O tempo pode ser insuficiente.	Aluno A: Item III do roteiro 4. 	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Fica um pouco superficial, somente o texto.	Aluno A: Item VI do roteiro 4. 	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Adequada e diversificada.	Aluno A: Item IX do roteiro 4. 	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Mostrou diversos modelos atômicos de diferentes fontes. Falhas dos cientistas.	Aluno B: Item III do roteiro 4. 	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos. NDC ou prática científica – Aspectos da NDC ou prática científica: as falhas; diferentes

		modelos.
Usou atividades diversificadas para alcançar os objetivos.	Aluno B: Item IV do roteiro 4. 	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
De forma superficial aspectos da natureza da ciência. Pouco contexto histórico.	Aluno C: Item VII do roteiro 4. 	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Acredito que um pouco na aula sobre Bohr. Mas não em todos os aspectos, social cultural, político e afins.	Aluno D: Item VII do roteiro 4. 	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos. Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
A metodologia foi descrita, assim como os materiais.	Aluno E e Aluno L: Item IV do roteiro 4. 	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Identificamos aspectos da ciência da natureza. A mutabilidade da ciência. Apresentou contexto histórico, mas não o contexto social e econômico.	Aluno E e Aluno L: Item VII do roteiro 4. 	Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos. NDC ou prática científica – aspectos da NDC ou prática científica: mutabilidade da ciência. Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
A abordagem aparenta ser apenas introdutória do assunto.	Aluno F: Item VI do roteiro 4. 	Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
O tempo para	Aluno G: Item III do roteiro 4.	Construção de propostas

compreensão da radioatividade, ao meu ver, é curto.			– Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Não há abordagem histórica.	Aluno I: Item VI do roteiro 4. 		Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
A abordagem poderia ter sido melhor trabalhada. Não houve um aprofundamento sobre aspectos da ciência discussão sobre a neutralidade do cientista; sobre os erros e acertos; a não linearidade dos conhecimentos históricos.	Aluno M: Item VII do roteiro 4. 		Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos. NDC ou prática científica – Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
Sim, principalmente no que se refere ao contexto de construção dos modelos. Mas feito de forma histórica, não apresenta um contexto econômico.	Aluno N: Item VII do roteiro 4. 		Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos. Construção de propostas – Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Existe a contextualização e a sequência trás aspectos históricos. Aspectos que não são trabalhados em livros didáticos.	Aluno O: Item VII do roteiro 4. 		Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
Aborda os aspectos natureza da ciência, tal qual aspectos sociais, econômicos.	Aluno P: Item VII do roteiro 4. 		Construção de propostas – Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.

O quadro a seguir traz alguns exemplos de UR e UC explicitados nos planos de ensino elaborados pelos licenciandos. Um dentre os quinze planos de ensino elaborados pelos discentes é apresentado no Anexo G, a título de exemplo.

Quadro 23 - AC: Planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica - 3º aula (17/05/2019).

Unidades de Registro (UR)	Unidades de Contexto (UC)	Categorias de análise - Índices
Leitura do recorte do texto.	Aluno A: 	Percepções sobre o episódio histórico: como e onde utilizar o texto histórico.
Não apresentou os cientistas como Nicholson e Nagaoka.	Aluno D: 	Construção de propostas – abordagem histórica inadequada.
Apresentou uma abordagem histórica adequada, apenas na primeira aula.	Aluno G: 	Construção de propostas – abordagem histórica apenas como uma introdução.
Levar para sala de aula uma faceta da história da ciência que rompe um paradigma estabelecido pelos livros didáticos. Simplificação exacerbada dos fatos.	Aluno I: 	Construção de propostas – metodologia adequada. HC – Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos; livros didáticos.
O professor deve ler com os alunos a Introdução e selecionar alguns trechos que evidenciam a busca por um modelo atômico estável. Essas e demais devem	Aluno I: 	Percepções sobre o episódio histórico – como e onde utilizar o texto histórico. Construção de propostas

<p>ser debatidas à luz da história e natureza da ciência.</p>	<p>Na terceira e quarta aulas, o texto base será trabalhado: “Niels Bohr, espectroscopia e modelos atômicos no início do século XX”. O professor deve ler com os alunos a Introdução e selecionar alguns trechos que evidenciam a busca por um modelo atômico estável. Após, trechos acerca do experimento de Rutherford, a instabilidade de seu átomo e do átomo de Nagaoka. As perguntas do texto devem ser problematizadas em sala. Por exemplo, a questão “Se a ideia era estudar o que ocorria com as partículas que colidiam com a folha de ouro, ou outros materiais, por que o anteparo não era plano do lado oposto à fonte?” Essas e demais devem ser debatidas sempre à luz da história e natureza da ciência. No fim da aula, o professor deve transcrever essas e outras questões na lousa e trabalhar as respostas junto aos alunos.</p>	<p>– metodologia adequada.</p>
<p>Identificar os aspectos consensuais na estruturação desse conhecimento.</p> <p>O fato de seu modelo ter sofrido influência de diversos outros</p> <p>Como e porque Rutherford o ajudou.</p>	<p>Aluno I:</p> <p>seu modelo atômico. Aqui, devem identificar os aspectos consensuais na estruturação desse conhecimento: o fato de seu modelo ter sofrido influência de diversos outros, como e porque Rutherford o ajudou, qual o contexto científico da época e a fluidez da Ciência. Os alunos deverão escrever uma síntese da aula para consulta futura.</p>	<p>NDC ou prática científica – aspectos da NDC ou prática científica: aspectos consensuais na estruturação do conhecimento.</p>
<p>Leitura e discussão de texto fragmentado, a partir do texto: Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do séc. XX</p>	<p>Aluno K:</p> <p>Leitura e discussão de texto fragmentado, a partir do texto: <i>Niels Bohr, Espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do séc. XX</i></p>	<p>Percepções sobre o episódio histórico – como e onde utilizar o texto histórico.</p>
<p>Descrever as limitações e importâncias de um modelo.</p> <p>Descobrir o que há dentro da caixa</p> <p>A importância dos modelos.</p>	<p>Aluno M:</p> <p><u>1ª semana:</u> <u>Objetivos específicos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Descrever as limitações e importâncias de um modelo; ✓ Criar um modelo <p>A aula terá início com o professor explicando como irá funcionar a dinâmica, os alunos terão então que utilizar de sua criatividade para tentar descobrir o que há dentro da caixa, com isso fazer um desenho sobre e descrever brevemente como é o que está ali dentro. Ocorrerá então a exposição das conclusões de cada grupo seguida do debate sobre a importância dos modelos. O professor então dará uma aula dialogada sobre as</p>	<p>Construção de propostas – metodologia adequada.</p>

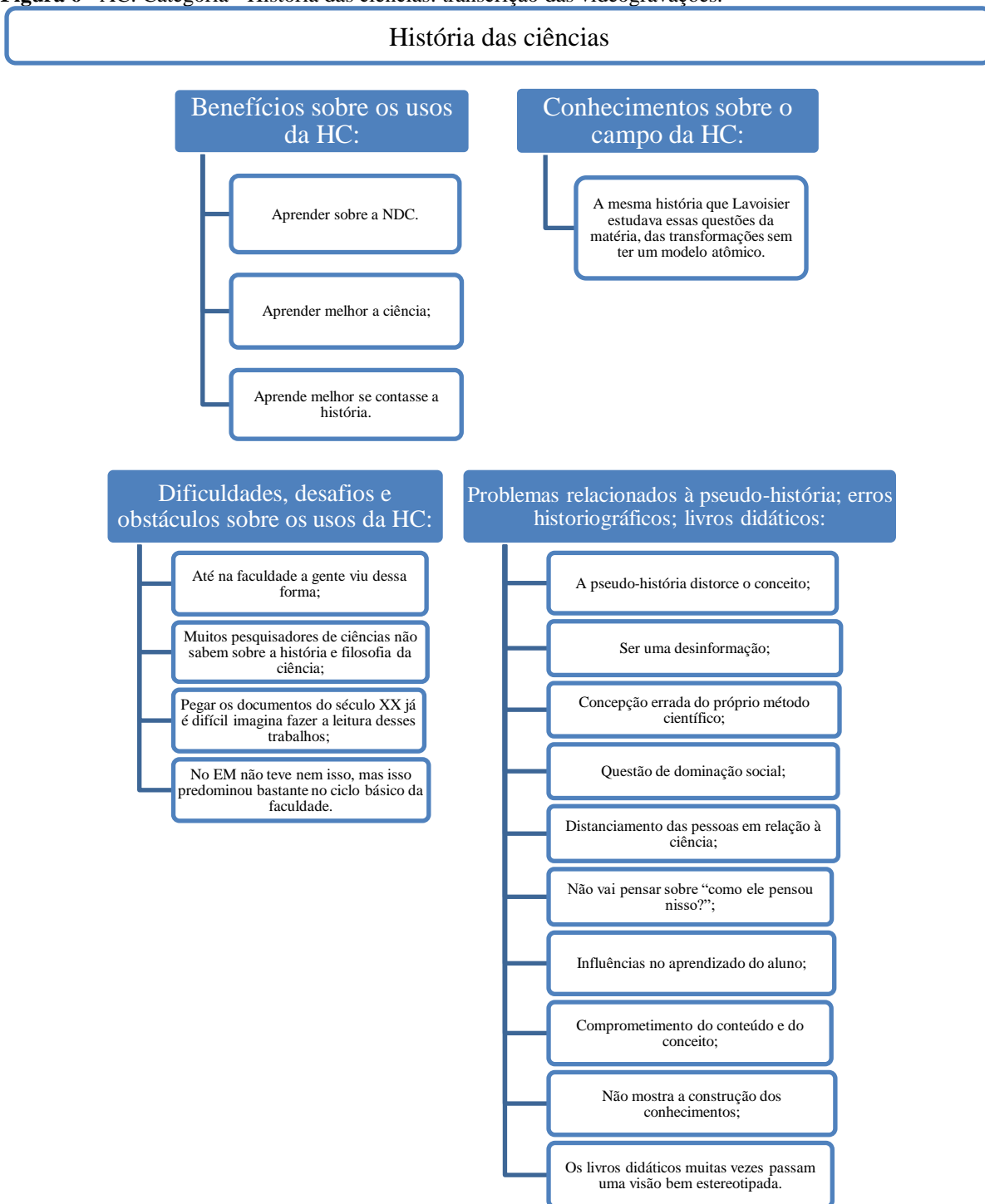
Fonte: Elaborada pela autora.

6.2. A exploração do material

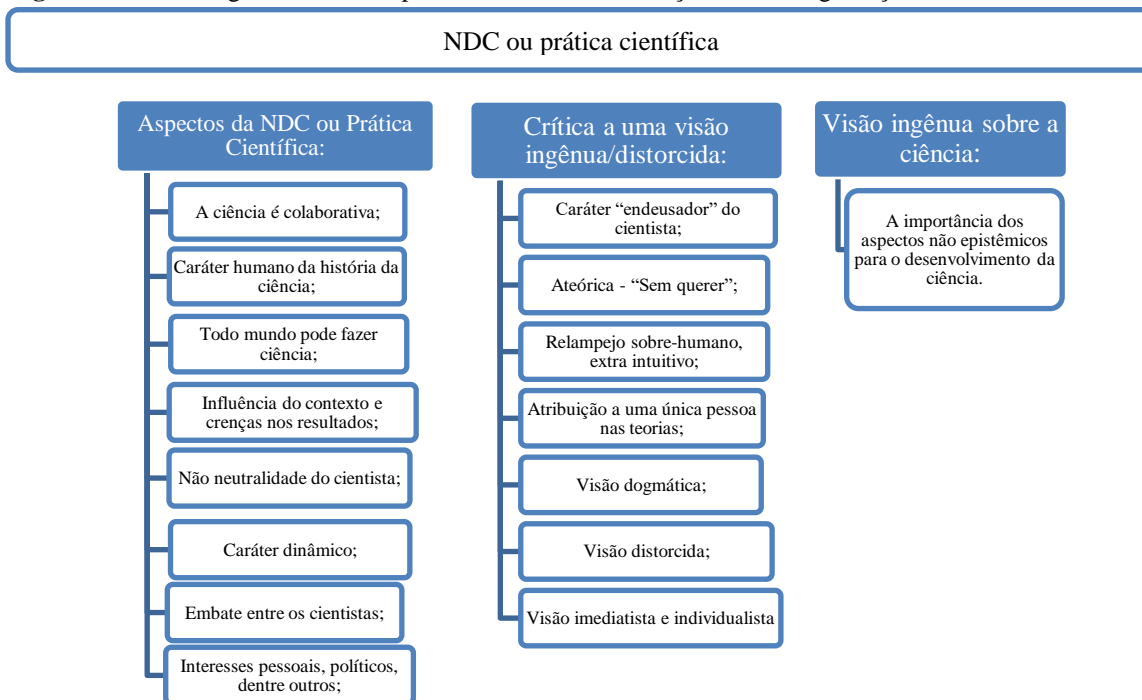
Nesta pesquisa, a leitura preliminar das respostas dos licenciandos permitiu inferir as primeiras impressões sobre os dados, e foi possível seguir para a próxima fase da AC (exploração do material). Essas impressões preliminares foram conferidas com as perguntas e os objetivos desta pesquisa. Após a pré-análise, começou-se a sistematizar as decisões tomadas.

Foram realizados os agrupamentos e tabulações manualmente, assim, procurando despontar as inter-relações dos índices de cada uma das fontes de dados utilizadas essa técnica foi utilizada para uma melhor visualização dos índices. Os infográficos a seguir mostram as cinco categorias de análise elaboradas, mostrando os índices referentes a essas categorizações, referentes às transcrições dos eventos críticos das videogravações das duas primeiras aulas:

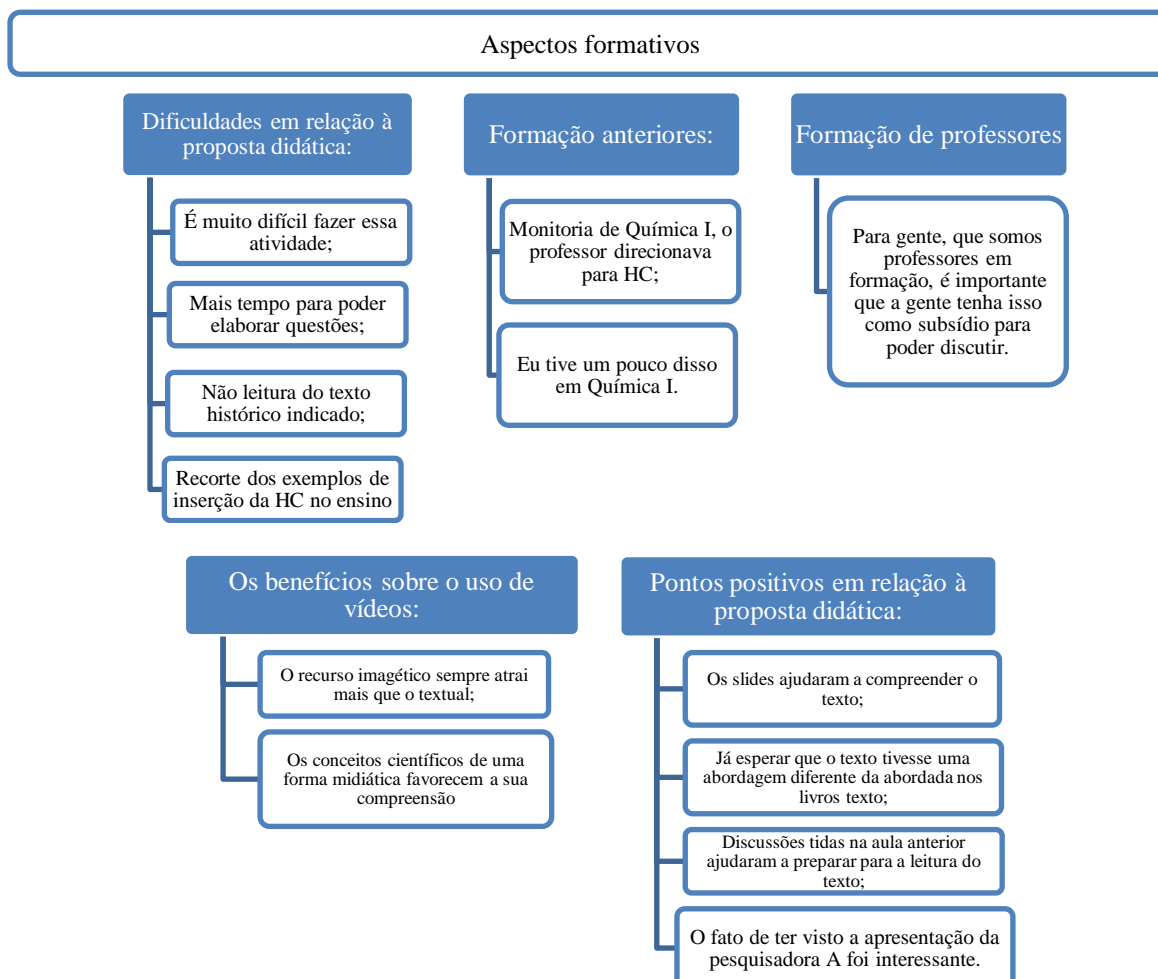
Figura 6 - AC: Categoria - História das ciências: transcrição das videogravações.

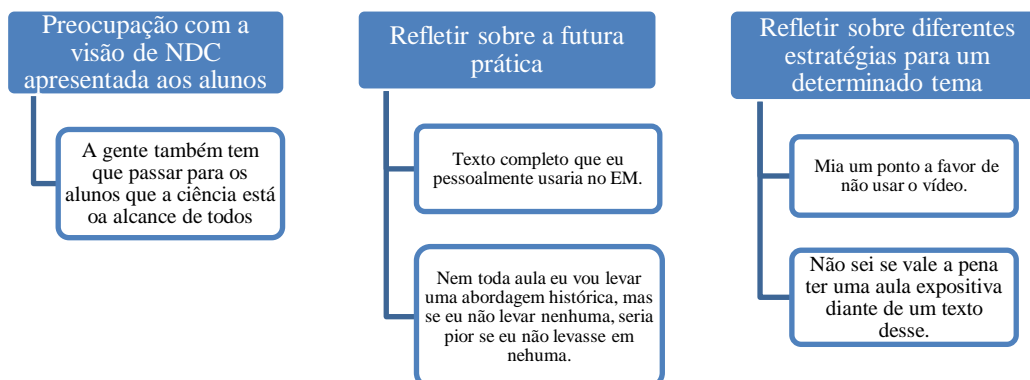


Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 7 - AC: Categoria - NDC ou prática científica: transcrição das videogravações.

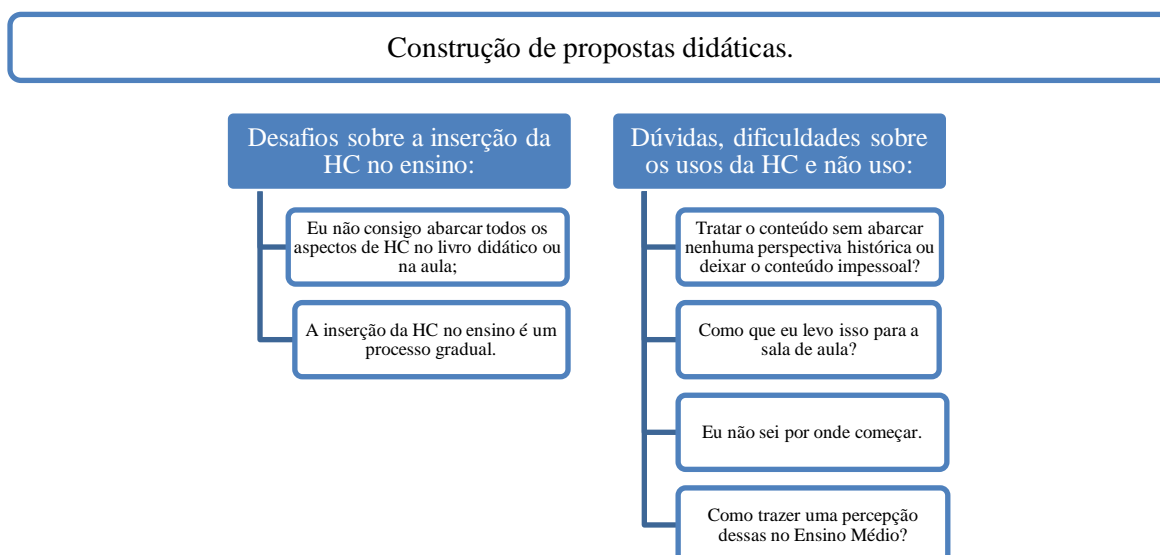
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 8 - AC: Categoria - Aspectos formativos: transcrição das videogravações.



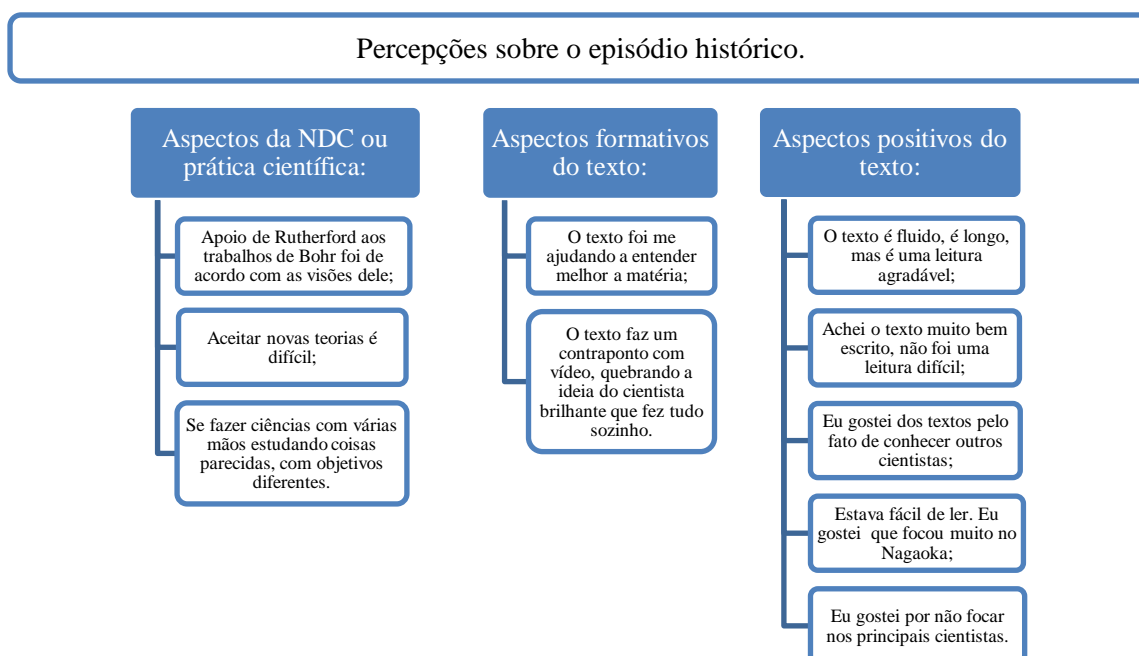
Fonte: Elaborada pela autora.

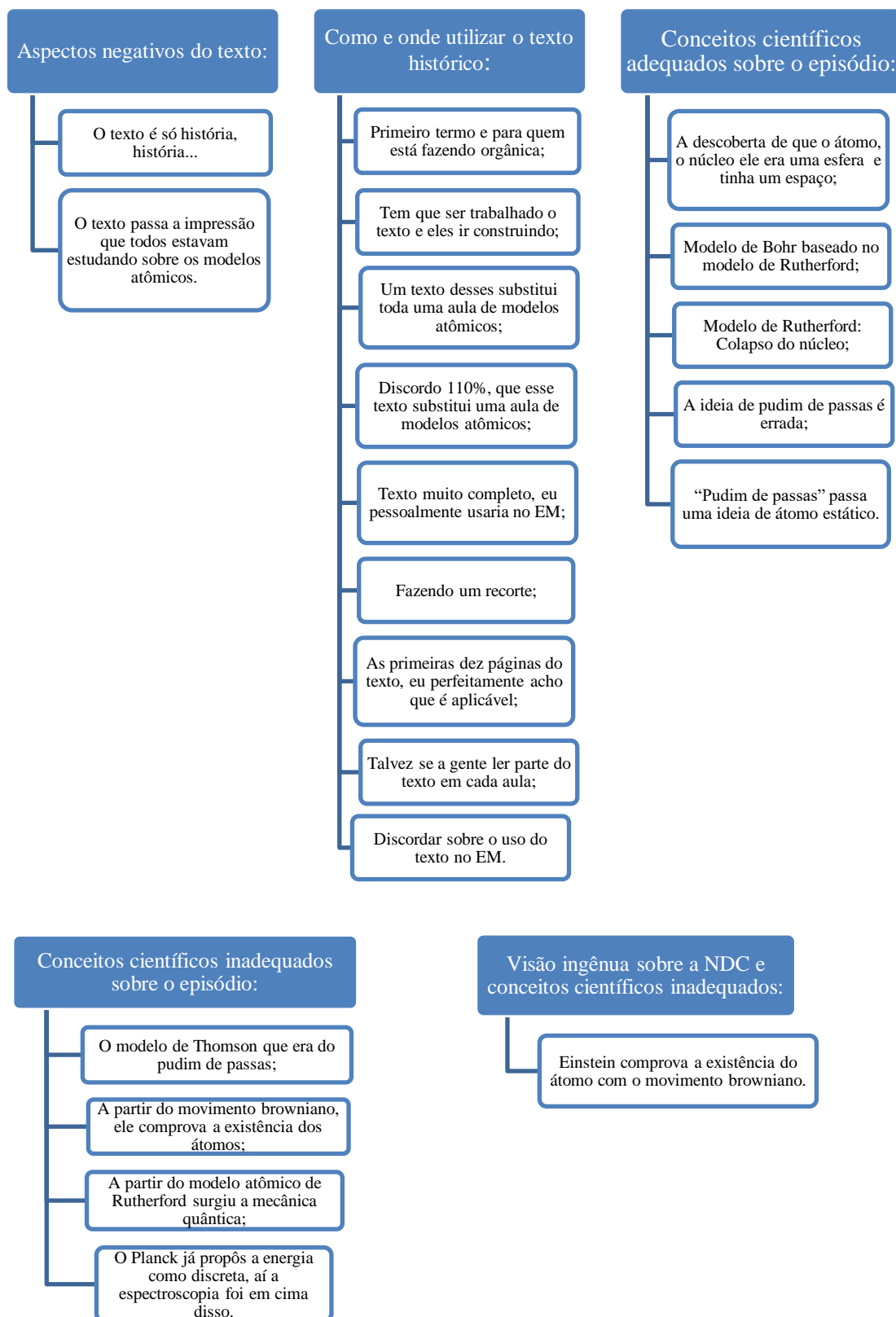
Figura 9 - AC: Categoria - Construção de propostas didáticas: transcrição das videogravações.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 10 - AC: Categoria - Percepções sobre o episódio histórico: transcrição das videogravações.

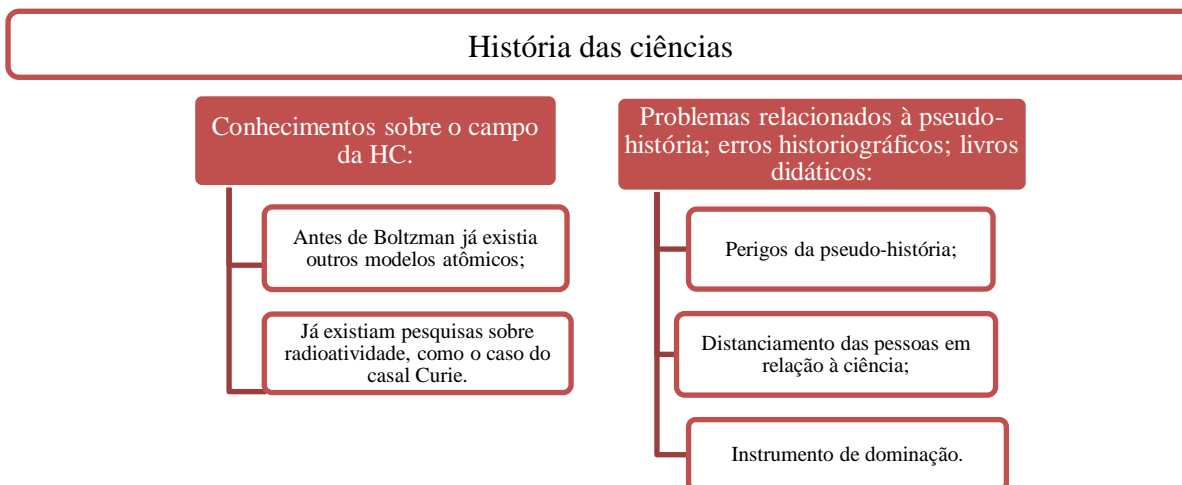




Fonte: Elaborada pela autora.

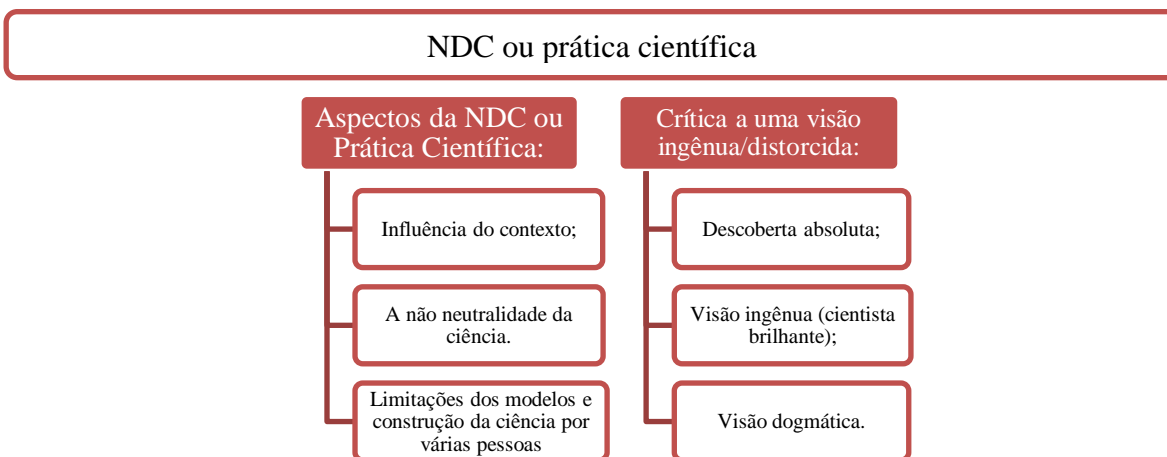
Nos infográficos a seguir, são manifestadas as cinco categorias de análise elaboradas, mostrando os índices referentes a essas categorizações das notas de campo elaboradas pela pesquisadora.

Figura 11 - AC: Categoria - História das ciências: transcrição das notas de campo.



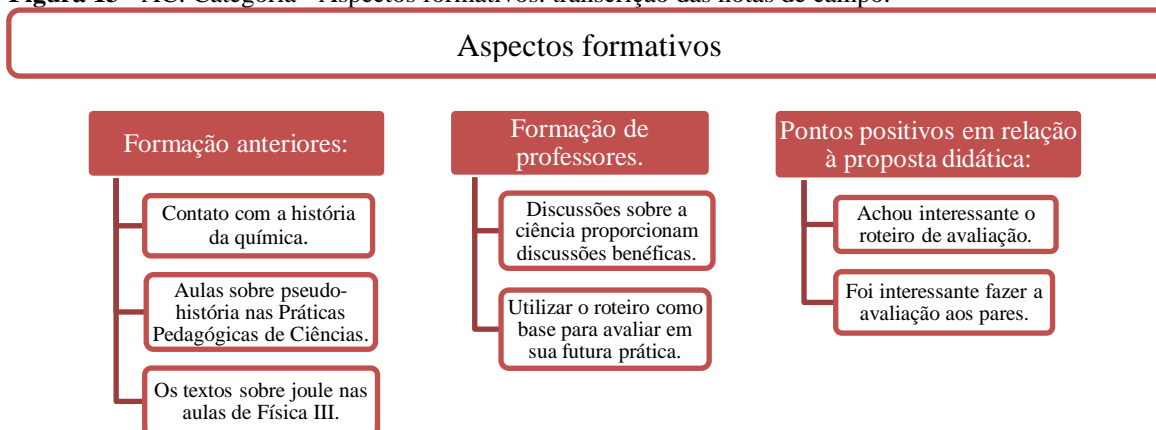
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 12 - AC: Categoria - NDC ou prática científica: transcrição das notas de campo.

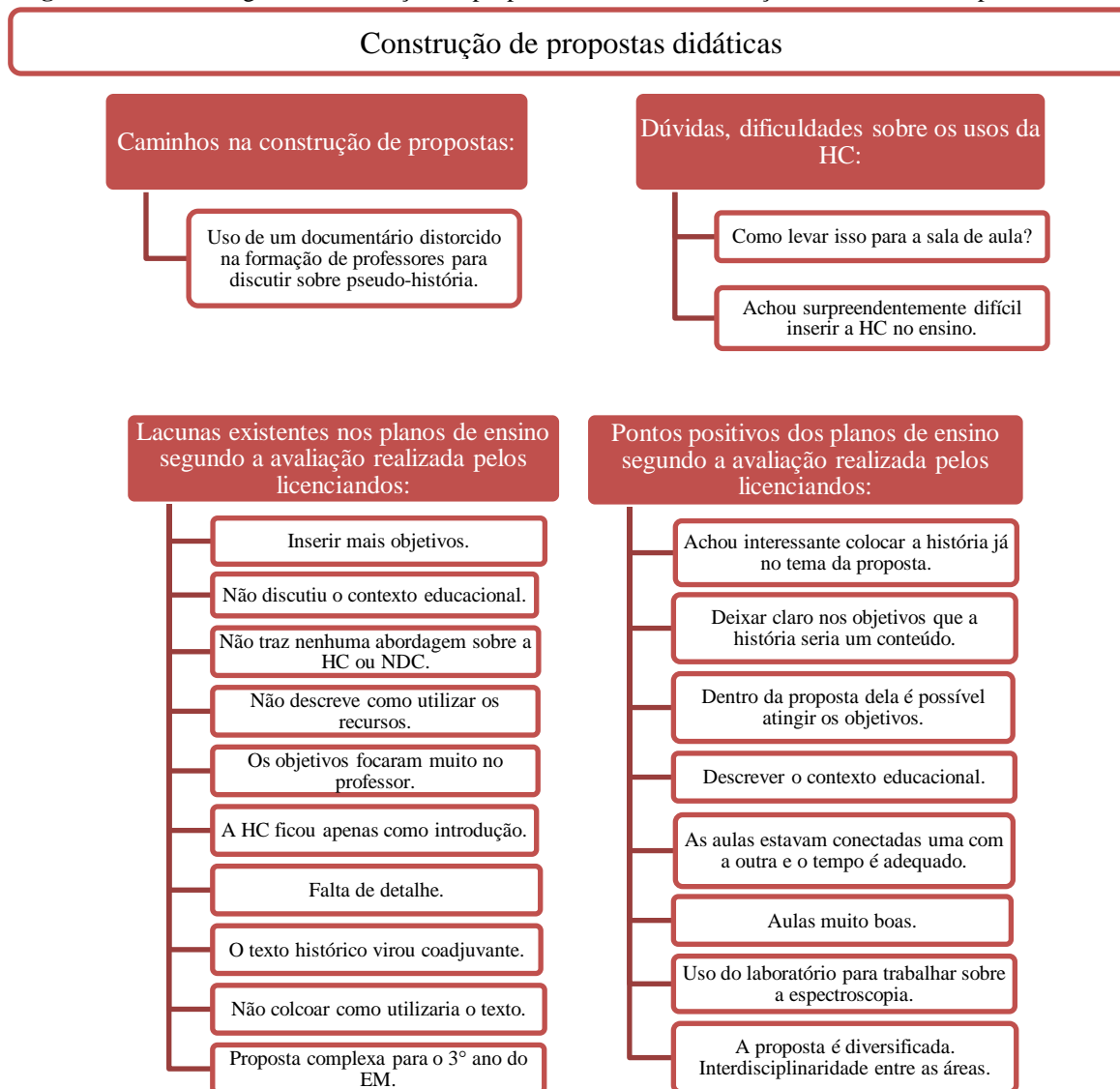


Fonte: Elaborada pela autora.

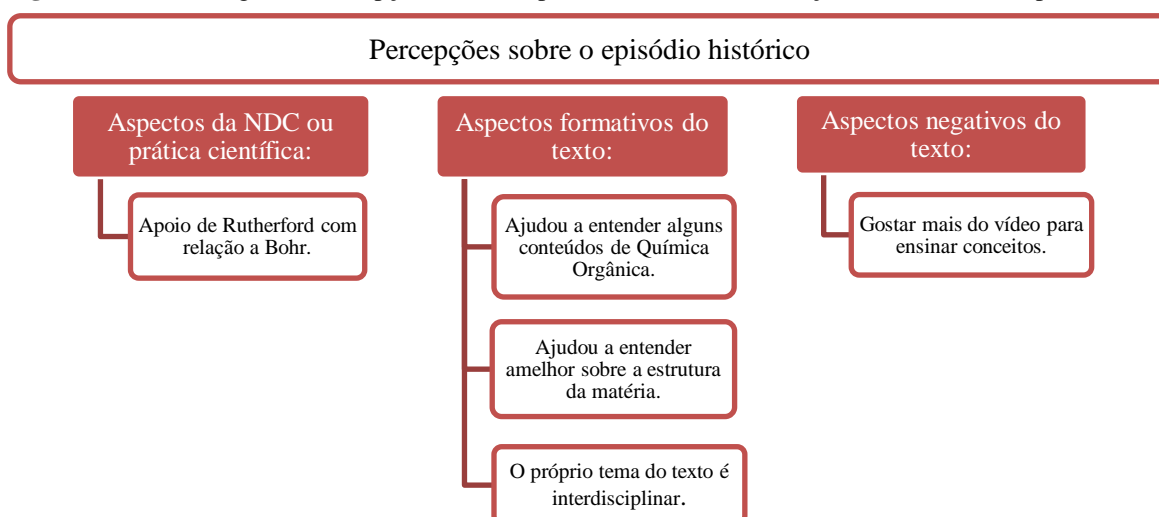
Figura 13 - AC: Categoria - Aspectos formativos: transcrição das notas de campo.

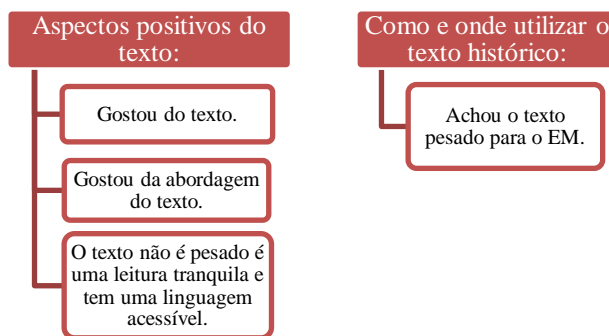


Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 14 - AC: Categoria - Construção de propostas didáticas: transcrição das notas de campo.

Fonte: Elaborada pela autora.

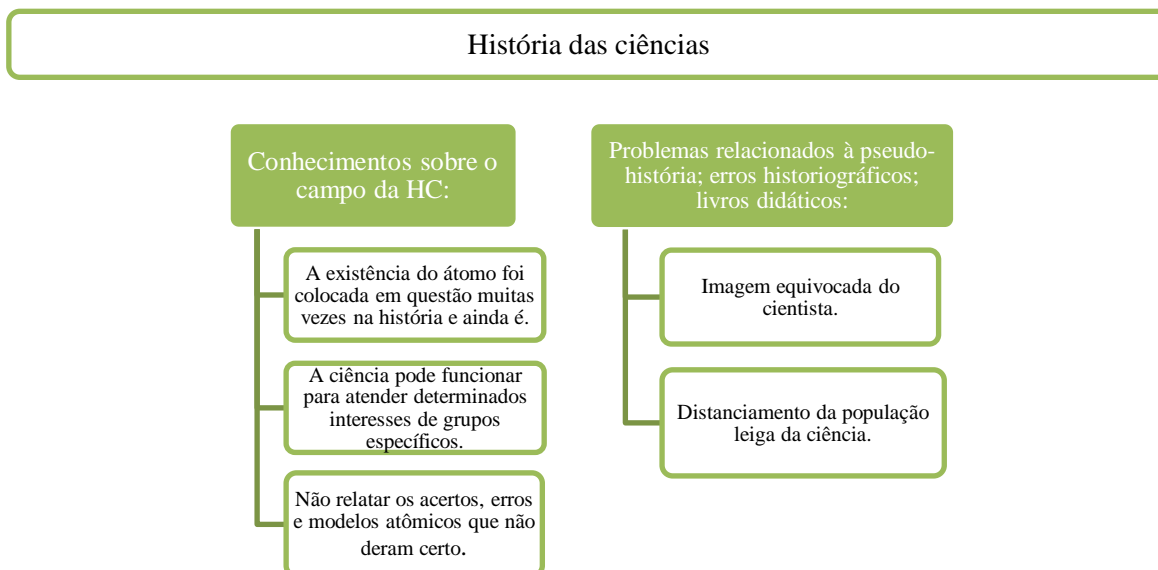
Figura 15 - AC: Categoria - Percepções sobre o episódio histórico: transcrição das notas de campo.



Fonte: Elaborada pela autora.

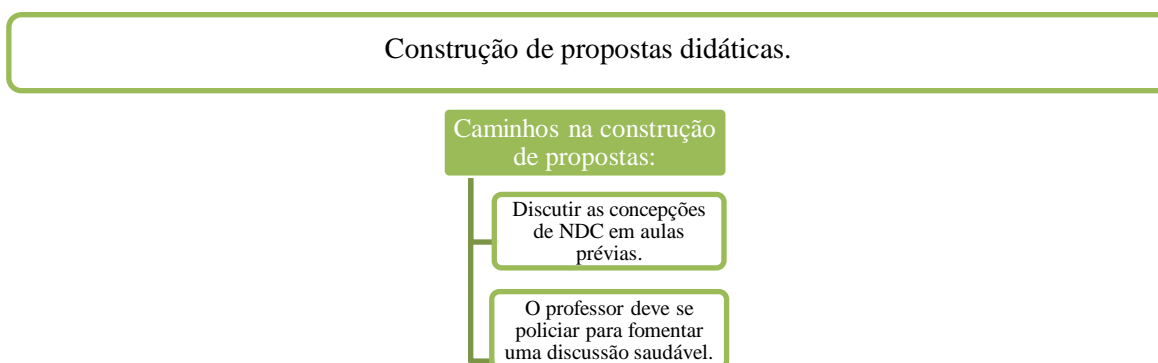
Nos infográficos presentes nas figuras 14, 15, 16 e 17, são mostradas quatro categorias de análise mencionadas e seus respectivos índices em relação às respostas aos questionários sobre o documentário.

Figura 16 - AC: Categoria - História das ciências: respostas aos questionários sobre o documentário.

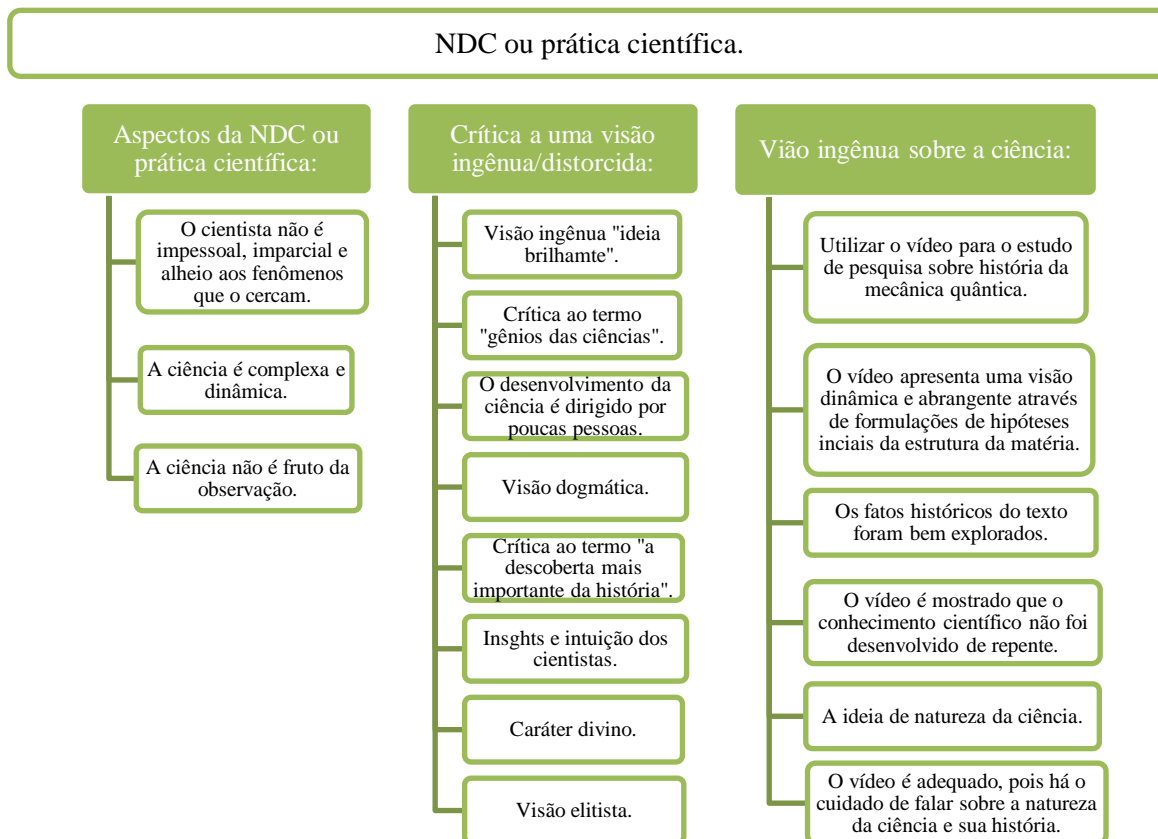


Fonte: Elaborada pela autora.

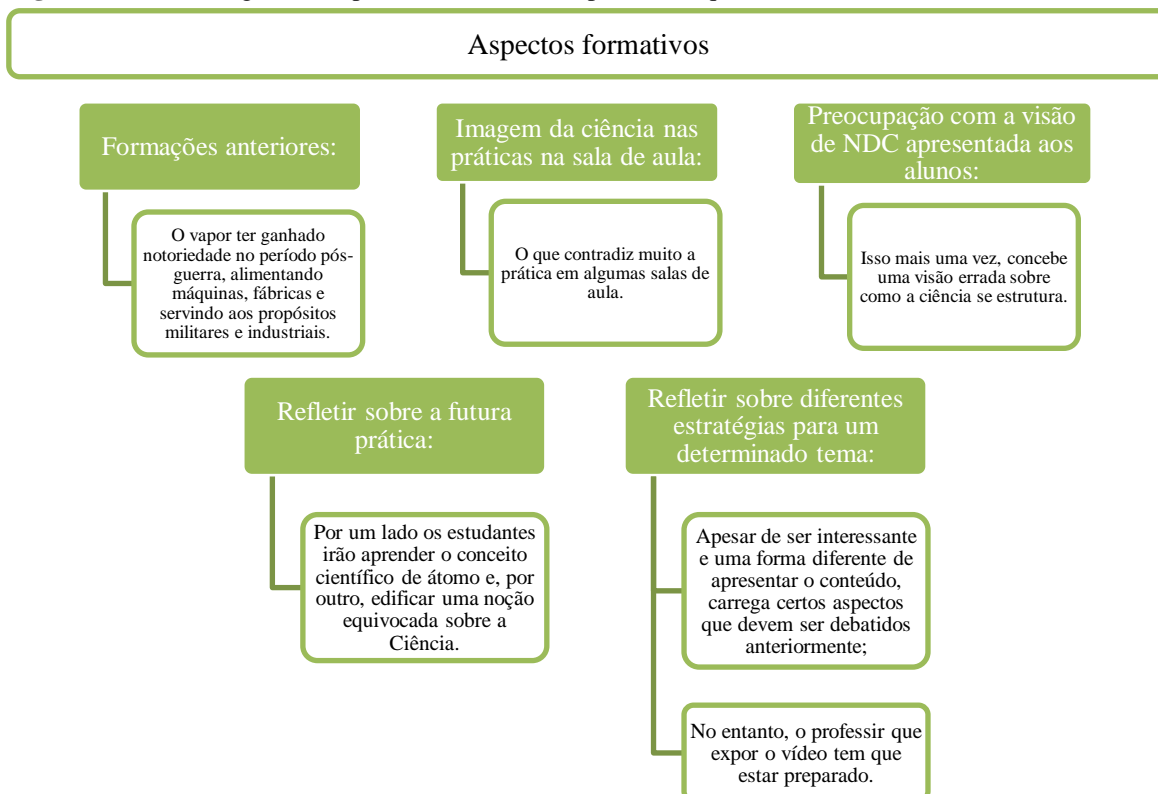
Figura 17 - AC: Categoria - Caminhos na construção de propostas didáticas: respostas dos questionários sobre o documentário.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 18 - AC: Categoria - NDC ou prática científica: respostas aos questionários sobre o documentário.

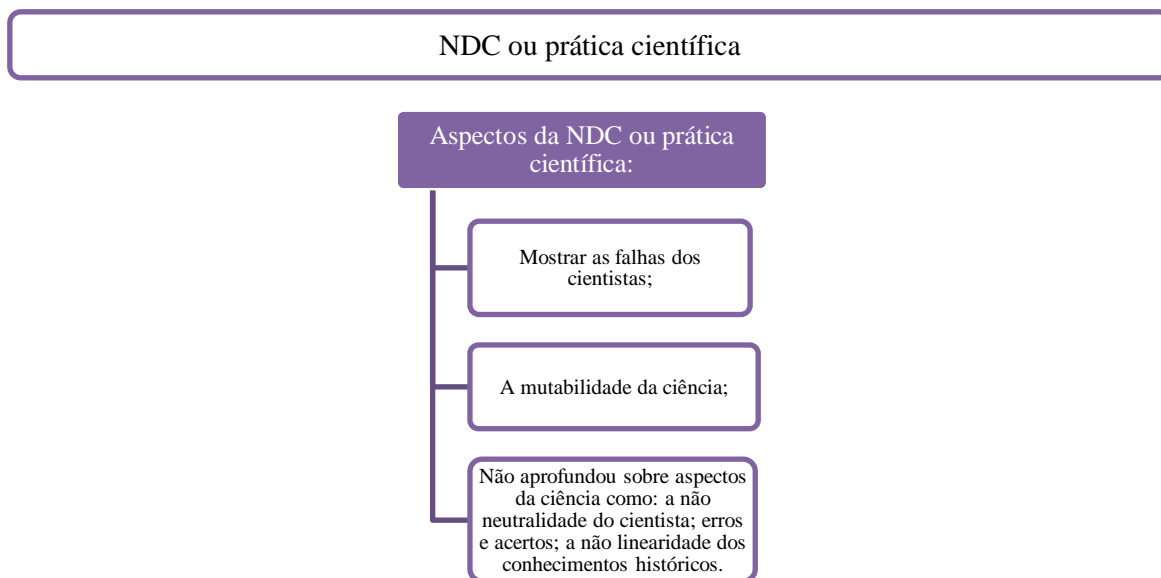
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 19 - AC: Categoria – Aspectos formativos: respostas aos questionários sobre o documentário.

Fonte: Elaborada pela autora.

Nos infográficos presentes nas figuras 18 e 19, são mostradas as categorias de análise elaboradas e seus respectivos índices em relação aos dados referente à terceira aula de aplicação da proposta didática.

Figura 20 - AC: Categoria - NDC ou prática científica: respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.



Fonte: Elaborada pela autora.

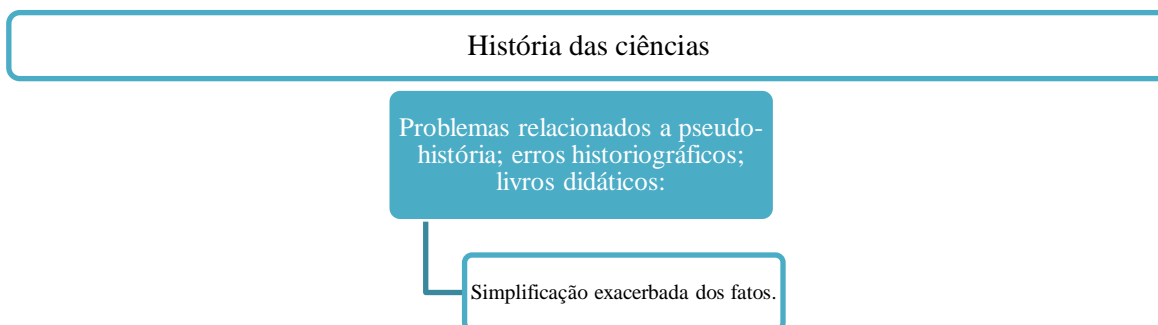
Figura 21 - AC: Categoria - Construção de propostas didáticas: respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.



Fonte: Elaborada pela autora.

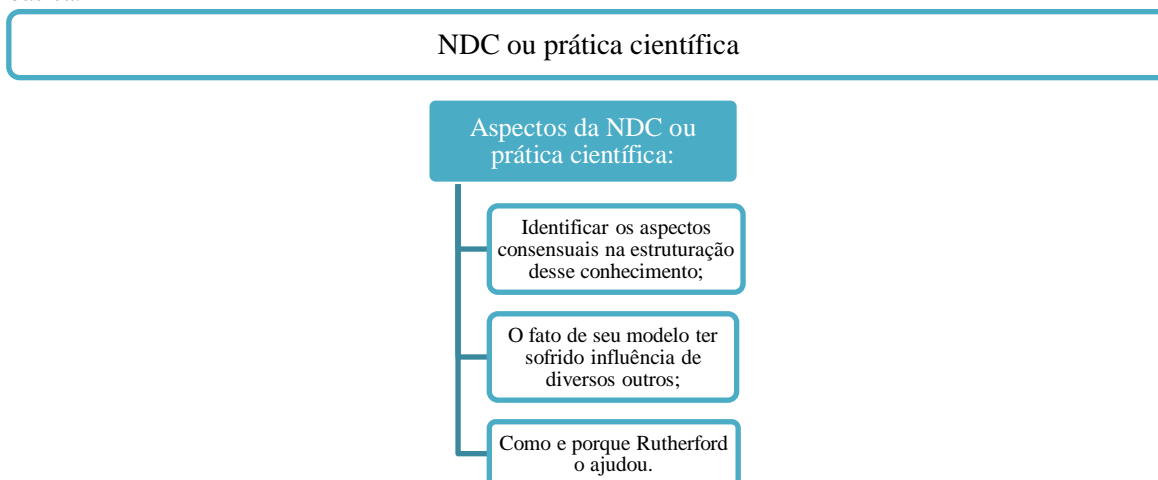
Nos infográficos presentes nas últimas figuras, são mostradas as categorias de análise elaboradas e seus respectivos índices em relação aos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.

Figura 22 - AC: Categoria - História das ciências: planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.



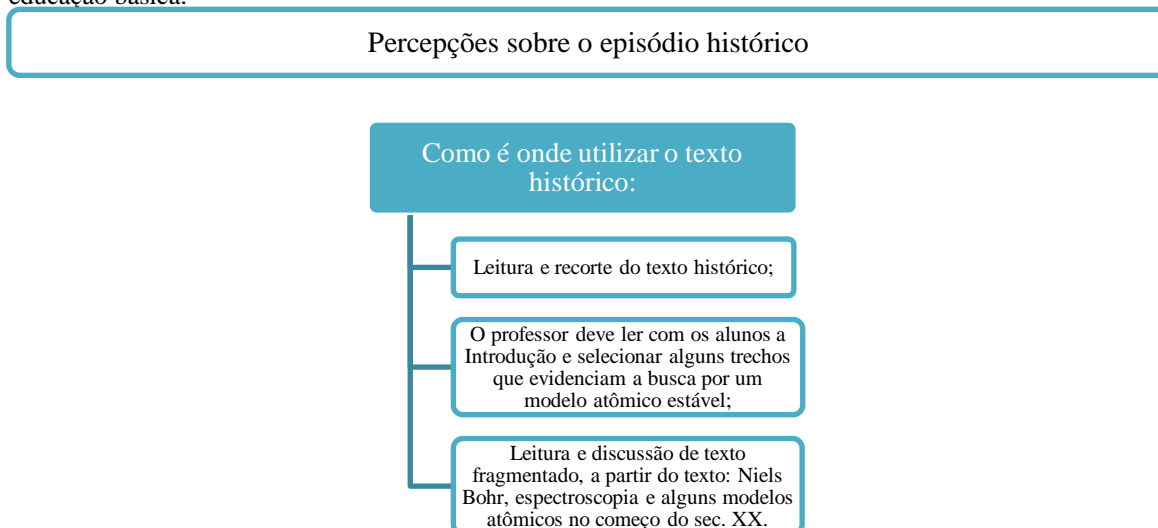
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 23 - AC: Categoria: NDC ou prática científica: planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.



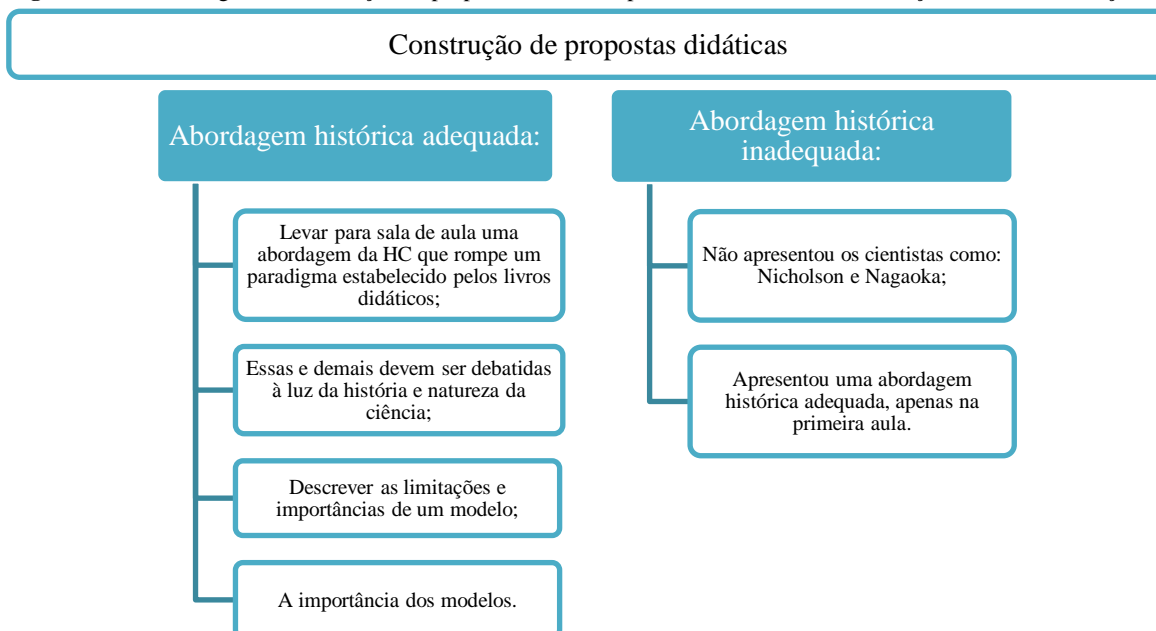
Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 24 - AC: Categoria - Percepções sobre o episódio histórico: planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 25 - AC: Categoria - Construção de propostas didáticas: planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.



Fonte: Elaborada pela autora.

Após a exploração do material coletado durante a implementação da proposta, foi possível chegar às categorias de análise, assim permitindo ir para a terceira fase da AC.

6.3. Delimitando as categorias das mensagens comunicadas pelos discentes

A leitura dos dados indicou diferentes conjuntos de mensagens contidas nas transcrições, e estas foram organizadas em conjuntos, de forma a agregar aspectos em torno de um mesmo tema ou problema de pesquisa. Dessa maneira, chegou-se nas seguintes categorias gerais: HC; NDC ou da prática científica; aspectos formativos; construção de propostas didáticas e percepções sobre o episódio histórico, com os seguintes agrupamentos de mensagens:

I. História das ciências:

- Benefícios sobre os usos da HC.
- Conhecimentos sobre o campo da HC.
- Dificuldades, desafios e obstáculos sobre os usos da HC.
- Problemas relacionados à pseudo-história; erros historiográficos; livros didáticos.

II. NDC ou prática científica:

- Aspectos da NDC ou prática científica.
- Crítica a uma visão ingênua sobre a ciência.
- Visão ingênua sobre a ciência.

III. Aspectos formativos:

- Dificuldades em relação à proposta didática.
- Formações anteriores.
- Formação de professores.
- Imagem da ciência nas práticas na sala de aula.
- Os benefícios do uso de vídeos.
- Pontos positivos da proposta didática.
- Preocupação com a visão de NDC apresentada aos alunos.
- Refletir sobre a futura prática.
- Refletir sobre diferentes estratégias para um determinado tema.

IV. Construção de propostas didáticas:

- Abordagem histórica adequada.
- Abordagem histórica inadequada.
- Caminhos na construção de propostas.
- Dúvidas e dificuldades sobre os usos da HC.
- Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.
- Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos.

V. Percepções sobre o episódio histórico:

- Aspectos da NDC ou prática científica.
- Aspectos formativos do texto.
- Aspectos negativos do texto.
- Aspectos positivos do texto.
- Como e onde utilizar o texto histórico.
- Conceitos científicos adequados sobre o episódio.
- Conceitos científicos inadequados sobre o episódio.
- Visão ingênua sobre a NDC e conceitos científicos inadequados.

Como foi possível verificar nos trechos das respostas dos licenciandos, identificamos em boa parte das mensagens mais de um aspecto. Esses resultados trazem respostas às questões *a priori*, pois estão vinculados com os objetivos desta pesquisa de mestrado, como, por exemplo, as dificuldades em relação à proposta didática elaborada. Entretanto, além

dessas categorias, tiveram aquelas que emergiram a partir dos dados: estas são aquelas *a posteriori*, como, por exemplo, as percepções em relação ao episódio histórico elaborado sobre Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos do início do século XX; formações anteriores relacionadas à inserção da HC no ensino, dentre outros aspectos.

6.4. Tratamento dos resultados

Na terceira fase da AC ocorreu o tratamento dos resultados obtidos na análise. Como explicado no capítulo 3 desta dissertação, referente ao aporte metodológico, os dados coletados foram avaliados por meio da triangulação dos dados coletados (ERICSON, 1998). A partir da triangulação, verificou-se a ocorrência dos índices, bem como as categorias de análise em mais de uma fonte de dados: transcrições das videogravações e das notas de campo, as respostas do questionário produzido na primeira pré-aula do bloco sobre a inserção da HC no ensino.

A triangulação serviu para aumentar a credibilidade dos dados e da análise da proposta didática analisada neste capítulo. Os quadros a seguir, são referentes à triangulação das duas primeiras aulas da proposta didática. É importante destacar que nesses quadros foram detalhadas apenas as categorias e os índices que apareceram em mais de um instrumento de coleta de dados.

Quadro 24 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: história das ciências.

Transcrição das falas	Notas de Campo	Respostas dos questionários
<p>Conhecimentos sobre o campo da HC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A mesma história que Lavoisier estudava essas questões da matéria, das transformações sem ter um modelo atômico. <p>Problemas relacionados a pseudo-história; erros historiográficos; livros didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perigos/consequências da pseudo-história; - A pseudo-história distorce o conceito; - Ser uma desinformação; - Concepção errada do próprio método científico; - Questão de dominação social; - Distanciamento das pessoas em relação à ciência; - Não vai pensar sobre “como ele pensou nisso?”; - Influências no aprendizado do 	<p>Conhecimentos sobre o campo da HC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antes de Boltzman já existia outros modelos atômicos; - Já existiam pesquisas sobre radioatividade, como o caso do casal Curie. <p>Problemas relacionados à pseudo-história; erros historiográficos; livros didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perigos da pseudo-história; - Distanciamento das pessoas em relação à ciência; - Instrumento de dominação. 	<p>Conhecimentos sobre o campo da HC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A existência do átomo foi colocada em questão por muitas vezes na história e ainda é; - A Ciência pode funcionar para atender determinados interesses de grupos específicos; - Não relatar os acertos, erros e modelos atômicos que não deram certos e nem foram citados. <p>Problemas relacionados à pseudo-história; erros historiográficos; livros didáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Imagem equivocada do cientista; - Distanciamento da população leiga da ciência.

aluno; - Comprometimento do conteúdo e do conceito; - Os livros didáticos muitas vezes passam uma visão bem estereotipada.		
--	--	--

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 25 - Triangulação da 1ª e 2ª aula: categoria: NDC ou prática científica.

Transcrição das falas	Notas de Campo	Respostas dos questionários
Aspectos da NDC ou Prática Científica: <ul style="list-style-type: none"> - Ciência é colaborativa; - Caráter humano da história da ciência; - Todo mundo pode fazer ciência; - Ciência é movida pela humanidade; - Ele está dentro de um contexto com as próprias crenças, com seus próprios pensamentos, e isso vai influenciar nos resultados; - A pessoa que faz ciência não é uma pessoa neutra; - Mutualidade da ciência, ela não é fixa; - Caráter dinâmico; - Embate entre os cientistas; - Interesses pessoais, políticos, dentre outros; - Começo a partir das hipóteses. Crítica a uma visão ingênua/distorcida: <ul style="list-style-type: none"> - Crítica ao caráter “endeusador” do cientista empregado no vídeo; - Crítica a uma visão ateórica - “Sem querer”; - Crítica aos termos: relampejo sobre-humano, extra intuitivo; - Atribuição a uma única pessoa sobre a elaboração de uma teoria; - Crítica a uma visão dogmática; - Crítica a uma visão distorcida; - Crítica a uma visão imediatista e individualista. Visão ingênua sobre a ciência: <ul style="list-style-type: none"> - Um dos alunos criticou a frase sobre a amizade entre Bohr e Rutherford, entretanto os aspectos não epistêmicos são importantes para o desenvolvimento da ciência. 	Aspectos da NDC ou Prática Científica: <ul style="list-style-type: none"> - Influência do contexto; - A não neutralidade da ciência. Crítica a uma visão ingênua/distorcida: <ul style="list-style-type: none"> - Descoberta absoluta; - Visão ingênua (cientista brilhante); - Visão dogmática. 	Aspectos da NDC ou Prática Científica: <ul style="list-style-type: none"> - O cientista não é um ser impessoal, imparcial e alheio aos fenômenos que o cercam; - A ciência não é mutável, mas sim complexa e dinâmica; <p>A ciência não é fruto da observação.</p> Crítica a uma visão ingênua/distorcida: <ul style="list-style-type: none"> - Crítica a uma visão ingênua “ideia brilhante”; - Crítica ao termo gênios das ciências; - O desenvolvimento da ciência é dirigido por poucas pessoas; - Crítica a uma visão dogmática; - Crítica a frase: “A descoberta mais importante da história”; - Insights e intuições dos cientistas; - Crítica ao caráter divino empregado no vídeo; - Crítica a uma visão elitista. Visão ingênua sobre a ciência: <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar o vídeo para o estudo de pesquisa sobre a história da mecânica quântica; - O vídeo apresenta uma visão dinâmica e abrangente através de formulações de hipóteses iniciais da estrutura da matéria; - Os fatos históricos do texto foram bem explorados; - O vídeo é mostrado que o conhecimento científico não foi desenvolvido de repente; - A ideia de natureza da ciência; - O vídeo é adequado, pois há o cuidado de falar sobre ciência, natureza da ciência e de contar a história.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 26 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: aspectos formativos.

Transcrição das falas	Notas de Campo
<p>Benefícios sobre o uso de vídeos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O recurso imagético sempre atrai mais que o textual; - Os conceitos científicos de uma forma midiática, e isso favorece a compreensão dos conceitos científicos; - O uso de vídeos com distorções históricas proporciona discussões sobre a ciência. <p>Dificuldades em relação a proposta didática:</p> <ul style="list-style-type: none"> - É muito difícil fazer essa atividade; - Precisava de mais tempo para poder elaborar algumas questões; - Eu não sei exatamente como ele trabalhou o conteúdo, e é difícil responder se ele atingiu. <p>Formações anteriores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O estudante era monitor de Química I, e o professor dessa disciplina direcionava as aulas para a HC; - Eu tive um pouco disso em Química I. <p>Formação de professores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Para gente, que somos professores em formação, é importante que a gente tenha isso como subsídio para poder discutir. <p>Pontos positivos em relação a proposta didática:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Os slides ajudaram a compreender o texto; - Já esperava que o texto tivesse uma abordagem diferente daquela apresentada nos livros didáticos; - Discussões tidas na aula ajudaram a preparar para a leitura do texto; - O fato de ter visto a apresentação da pesquisadora A foi interessante. 	<p>Formações anteriores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contato com a história da química; - As aulas sobre pseudo-história na Unidade Curricular “Práticas Pedagógicas de Ciências”; - Os textos sobre Joules estudados na Unidade Curricular “Física III”. <p>Formação de professores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discussões sobre a ciência proporcionam discussões benéficas.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 27 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: construção de propostas de didáticas.

Notas de Campo	Respostas dos questionários
<p>Caminhos na construção de propostas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uso de um documentário distorcido na formação de professores para discutir sobre pseudo-história. <p>Dúvidas, dificuldades sobre os usos da HC:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Como levar isso para a sala de aula? 	<p>Caminhos na construção de propostas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Discutir as concepções de NDC em aulas prévias no EM; - O professor deve se policiar para fomentar uma discussão saudável.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 28 - Triangulação da 1º e 2º aula: categoria: percepções sobre o episódio histórico.

Transcrição das falas	Notas de Campo
<p>Aspectos da NDC ou prática científica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apoio de Rutherford com relação aos trabalhos de Bohr foi de acordo com as visões que ele apoiava; - Aceitar novas teorias é difícil; - Se fazer ciências com várias mãos, vários caras 	<p>Aspectos da NDC ou prática científica:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Apoio de Rutherford com relação a Bohr. <p>Aspectos formativos do texto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O texto ajudou a entender alguns conteúdos da Unidade Curricular “Química Orgânica”;

<p>estudando coisas parecidas, com objetivos diferentes.</p> <p>Aspectos formativos do texto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O texto foi me ajudando a entender melhor a matéria; - O texto faz um contraponto com vídeo, quebrando a ideia do cientista brilhante que fez tudo sozinho. <p>Aspectos negativos do texto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O texto é só história, história... - Eu gostei por não focar nos principais cientistas. <p>Aspectos positivos do texto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O texto é fluido, é longo, mas é uma leitura agradável; - Achei o texto muito bem escrito, não foi uma leitura difícil; - Eu gostei dos textos pelo fato de conhecer outros cientistas; - Eu gostei, achei que estava fácil de ler. Eu gostei bastante que focou muito no Nagaoka. <p>Como e onde utilizar o texto histórico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Primeiro termo e para quem está fazendo orgânica; - Tem que ser trabalhado o texto histórico e eles ir construindo; - Um texto desses substitui toda uma aula de modelos atômicos; - Discordo 110%, que esse texto substitui uma aula de modelos atômicos; - Texto muito completo é um texto que eu pessoalmente usaria no ensino médio; - Fazendo um recorte do texto histórico; - As primeiras dez páginas do texto, eu perfeitamente acho que é perfeitamente aplicável; - Talvez se a gente lese parte do texto em cada aula; - Discordar sobre o uso do texto histórico no Ensino Médio. <p>Conceitos científicos adequados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A descoberta de que o átomo, o núcleo ele era uma esfera, aí tinha um espaço gigantesco e o colapso do núcleo; - Modelo de Bohr baseado no modelo de Rutherford; - O modelo de Rutherford não conseguia explicar os níveis de energia; - Cada elemento tem um espectro específico. - A ideia de pudim de passas é errada, pois passa uma ideia de átomo estático. <p>Conceitos científicos inadequados:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O modelo de Thomson que era do pudim de passas; - A partir do movimento browniano, ele comprova a existência dos átomos; 	<ul style="list-style-type: none"> - O texto ajudou a entender melhor sobre a estrutura da matéria. <p>Aspectos negativos do texto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gostar mais do vídeo para ensinar conceitos <p>Aspectos positivos do texto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gostar do texto; - Gostar da abordagem do texto.
--	--

<ul style="list-style-type: none"> - A partir do modelo atômico de Rutherford surgiu a mecânica quântica; - O Planck já propôs a energia como discreta, aí a espectroscopia foi em cima disso. 	
--	--

Fonte: Elaborada pela autora.

Nos quadros 29, 30 e 31, são mostradas as triangulações referentes a última aula da proposta didática. São apresentados os resultados em relação a elaboração e avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na escola básica. É importante salientar que a categoria “Aspectos formativos” foi exibida apenas nas notas de campo do terceiro dia de aplicação da proposta, não aparecendo nos planos de ensino e nos roteiros 4 de avaliação destes. As demais menções sobre esta categoria ocorreram nas duas primeiras aulas da implementação da proposta didática. E a categoria “História das ciências” foi mencionada apenas em um dos planos de ensino elaborados pelos licenciandos, pois nas outras propostas os discentes utilizaram a HC, mas não indicaram benefícios sobre os usos ou perigos envolvendo a pseudo-história e erros historiográficos, dentre outros aspectos.

Quadro 29 - Triangulação da 3ª aula: categoria: NDC ou prática científica.

Notas de campo	Respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino	Planos de ensino
Aspectos da NDC ou prática científica: <ul style="list-style-type: none"> - Modelos apresentam limitações. - Traz outros modelos, cita os cientistas não reconhecidos. - A ciência é construída por várias pessoas, os modelos apresentam limitações. 	Aspectos da NDC ou prática científica: <ul style="list-style-type: none"> - Mostrar as falhas dos cientistas. - A mutabilidade da ciência. - Não aprofundou sobre aspectos da ciência como: a não neutralidade do cientista; erros e acertos; a não linearidade dos conhecimentos históricos. 	Aspectos da NDC ou prática científica: <ul style="list-style-type: none"> - Identificar os aspectos consensuais na estruturação desse conhecimento. - O fato de seu modelo ter sofrido influência de diversos outros. - Como e porque Rutherford o ajudou.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 30 - Triangulação da 3ª aula: percepções sobre o episódio histórico.

Notas de campo	Planos de ensino
Como é onde utilizar o texto histórico: <ul style="list-style-type: none"> - Achou o texto pesado para o EM. 	Como é onde utilizar o texto histórico: <ul style="list-style-type: none"> - Leitura e recorte do texto histórico. - O professor deve ler com os alunos a Introdução e selecionar alguns trechos que evidenciam a busca por um modelo atômico estável. - Leitura e discussão de texto fragmentado, a partir do texto: Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do sec. XX.

Fonte: Elaborada pela autora.

Quadro 31 - Triangulação da 3ª aula: construção de propostas didáticas.

Notas de campo	Respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino.
Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos: Poderia colocar mais objetivos. Não discutiu as características da turma, o perfil da	Lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos: Tempo insuficiente e não está claro como atingir os objetivos.

<p>classe, as peculiaridades relevantes não foram pontuadas.</p> <p>Entretanto, basicamente a proposta dele é passar o conceito de átomo, não traz nenhuma abordagem sobre a HC ou NDC.</p> <p>Trabalho não é descrito como iria utilizar este recurso e não tem como identificar se é uma abordagem histórico ou conceitual.</p> <p>Acha que ficou muito focado na HC, na descrição comentam que está sempre focando nos cientistas e não nos conceitos.</p> <p>Os objetivos focaram muito no professor.</p> <p>Como ele colocou como objetivo a contextualização ele acha que faltou.</p> <p>Achou que na proposta da pessoa, a HC ficou apenas introdutória.</p> <p>Crítica uma parte que o aluno vai falar sobre radioatividade em uma única aula.</p> <p>Não tem como afirmar que não vai atingir também.</p> <p>Faltou detalhar.</p> <p>O texto histórico virou coadjuvante.</p> <p>Não tem muito detalhe sobre o conteúdo abordado.</p> <p>Não coloca como utilizaria o texto.</p> <p>A HC fica apenas como tema introdutório</p> <p>Achou a proposta complexa para o terceiro ano do EM.</p> <p>Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos:</p> <p>Achou interessante ele colocar a história já no tema da proposta.</p> <p>Deixa claro nos objetivos que a história seria um conteúdo, tinham aspectos da NDC.</p> <p>Dentro da proposta é possível atingir o objetivo.</p> <p>Descreve a escola, caracterizou a turma, definiu o tema.</p> <p>As aulas estavam conectadas uma com a outra. O tempo foi adequado.</p> <p>As aulas são muito boas.</p> <p>Gostou que a proposta é bastante diversificada.</p> <p>Interdisciplinaridade entre as áreas.</p> <p>Achou interessante o uso de laboratório para trabalhar sobre a espectroscopia.</p> <p>A HC é o norte do trabalho.</p>	<p>Somente o texto fica superficial.</p> <p>Abordou de forma superficial os aspectos da NDC e pouca reflexão sobre o contexto histórico.</p> <p>Não abordou em todos os aspectos: sociais, políticos e afins.</p> <p>Apresentou o contexto histórico, mas não o contexto social e econômico.</p> <p>Abordagem histórica apenas introdutória.</p> <p>Pouco tempo para abordar a radioatividade.</p> <p>Não há uma abordagem histórica.</p> <p>A abordagem histórica poderia ter sido melhor trabalhada.</p> <p>Não apresentou um contexto econômico.</p> <p>Pontos positivos dos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos:</p> <p>Proposta adequada e diversificada.</p> <p>Utilização de diversos modelos atômicos e o uso de diferentes fontes.</p> <p>Uso de atividades diversificadas para alcançar os objetivos.</p> <p>Abordou aspectos da NDC nas aulas sobre Bohr.</p> <p>A metodologia e os materiais são descritos.</p> <p>Identificou aspectos da NDC.</p> <p>O contexto referente a construção dos modelos atômicos.</p> <p>Contextualizou e trouxe aspectos históricos na sequência</p> <p>Apresentou aspectos que não são trabalhados nos livros didáticos.</p> <p>Aborda aspectos da NDC e aspectos sociais, econômicos.</p>
--	--

Fonte: Elaborada pela autora.

6.5. O recorte e reflexão sobre os dados

Como se observou nos tópicos anteriores, durante a implementação da proposta didática foram utilizados vários instrumentos de coleta de dados. Foi necessária a realização de um recorte dos dados coletados, pois, só nas videograções foram mais de 21 horas de dados coletados, uma vez que a aplicação da proposta ocorreu durante três aulas em dois períodos (vespertino e noturno). Além desse material coletado foram utilizadas anotações de campo, atividade desenvolvidas pelos discentes, dentre estas estão: o questionário sobre o

documentário; os planos de ensino envolvendo a inserção da HC na educação básica, bem como, as respostas dos roteiros 4 de avaliação desses planos de ensino.

A seguir, são descritos os conjuntos de categorias, apresentando trechos de respostas dos licenciandos em relação aos usos da HC no ensino; as percepções em relação à proposta e o episódio histórico estudado; aspectos da NDC ou da prática científica, dentre outros aspectos.

Categoria 1 – História das ciências:

Nessa categoria, apresentamos exemplos de trechos de respostas dos licenciandos sobre os usos da HC, destacando os benefícios apontados, os conhecimentos sobre esse campo do saber, bem como as dificuldades, desafios e obstáculos e problemas relacionados aos usos da pseudo-história e também erros historiográficos presentes nos livros textos. O último tópico manifestou-se espontaneamente na fala de alguns licenciandos, após assistirem o documentário da *BBC – Four*, como observado nos exemplos a seguir:

Aluno N: Então, eu vi isso... Era o exemplo que eu ia dá sobre Práticas I, Prática de Ciências, que é sobre os perigos da pseudo-história, que se você... Uma das consequências da pseudo-história é que ela afaste as pessoas do ramo científico, porque ela está sempre tão coligada ao pensamento de que o cientista é uma pessoa iluminada, a pseudo-história está tão ligada a isso, que faz com que as pessoas se afastem também. E é essa ligação que eu faço com o vídeo, que ele faz o uso muito abusivo de termos divinadores [sic] do cientista. Eu pessoalmente detestei o vídeo por causa disso. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno N: Além de ser uma desinformação que... Conduz erroneamente a pessoa, a concepção de que ela não é capaz de fazer ciência. Ela acaba tendo uma concepção errada do próprio método científico, do se fazer ciência. Ela tem uma concepção errada do que é ciências. Baseado numa história errada de ciências que transmitiram para ela, nesse sentido. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno I: Então no caso do livro didático de física, de química, de qualquer disciplina, eu tenho várias narrativas, pseudo-narrativas, por exemplo, [a professora A diz sim concordando] elas vão comprometer o conteúdo, certo? Eles vão comprometer o conceito. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno N: menção dos perigos da pseudo-história. **(Transcrição das notas de campo).**

Aluno I: Sim. Em primeiro lugar, o vídeo é bastante sensacionalista. Muitas vezes, a tendência faz com que o telespectador construa uma imagem equivocada do cientista: alguém diferente, de outro planeta, um gênio cujas habilidades são inalcançáveis pelas pessoas “normais”. Isso acaba distanciando a população leiga da

Ciência, além de compor uma noção errada sobre sua natureza. (Transcrição das videogravações).

Na introdução de seu plano de ensino, o aluno I destaca os problemas relacionados aos erros historiográficos presentes nos livros didáticos:

Aluno I:

que rompe um paradigma estabelecido pelos livros didático. A simplificação exacerbada dos fatos por parte desses últimos – e em parte por conta de professores despreparados tentarem abordar tais assuntos – adulteram os conceitos de tal forma que todo o conteúdo é comprometido, prejudicando os estudantes e suas noções de natureza da ciência. Segundo Moura: Martins:

Além dos problemas relacionados aos usos da pseudo-história, os licenciandos assinalaram alguns desafios, dificuldades e até mesmo obstáculos relacionados à HC. A identificação destes aspectos é relevante para se pensar na formação de professores, pois, a partir da detecção de tais problemas é possível sugerir meios para superar estes aspectos. A seguir, são apresentados alguns exemplos apontados pelos participantes da pesquisa em relação a este tema:

Aluno M: Nossa eu fico imaginando o trabalho que dá, eu faço Iniciação Científica com o Reginaldo e pegar os documentos do século XX já é difícil imagina fazer a leitura desses trabalhos. (Transcrição das videogravações).

Aluno H: Estou falando porque assim, uma coisa mais particular, no Ensino Médio não teve nem isso, mas isso predominou bastante no ciclo básico da faculdade. (Transcrição das videogravações).

Os licenciandos também destacaram alguns benefícios sobre os usos da HC:

Aluno I: Professora, mas se eu fizer, vamos supor o seguinte se eu aprender a natureza da ciência ou história da ciência, isso me diz muito sobre a natureza dela e consequentemente, o [...] eu aprendo melhor a ciência, que uma vez que eu sei como ela funciona eu consigo ter, sei lá, eu tenha uma relação causal entre aprender melhor o conceito e [...].(Transcrição das videogravações).

Aluno I: [...] ele aprenderia melhor se eu contasse a história [...] sei lá [...]. (Transcrição das videogravações).

Além disso, nessa categoria, agruparam-se os conhecimentos que os licenciandos trouxeram sobre esse tema:

Aluno M: [...] às vezes é doloroso, mas parece o trabalho do cientista quando ele vai ter que aceitar uma nova teoria, a ser descoberta [...]. Tem uma base de pensamento e tem que aceitar a do outro e tem uma coisa dolorosa que [...]. (Transcrição das videogravações).

Aluno M: É a mesma história que Lavoisier estudava essas questões da matéria, das transformações sem ter um modelo atômico. (Transcrição das gravações).

Aluno N: Crítica à visão passada no vídeo, pois antes de Boltzman já existia modelos atômicos, como o caso do modelo atômico de Dalton e Thomson; (Transcrição das notas de campo).

Aluno N: a parte do vídeo sobre radioatividade incomodou ele, pois colocou como a “grande descoberta sobre a radioatividade”, sendo que antes já havia pesquisas sobre a radioatividade, como o caso do casal Curie. (Transcrição das notas de campo).

Aluno H: A própria existência do átomo, por exemplo, foi colocada em questão por muitas vezes na história, e ainda é. (Transcrição das gravações).

Categoria 2 – NDC ou prática científica:

Indo de acordo com os objetivos desta pesquisa, avaliar elementos que podem favorecer a contextualização de aspectos da NDC ou da prática científica, a AC possibilitou identificar aspectos para esta segunda categoria “**NDC ou prática científica**”, apresentando mensagens onde havia uma crítica a visões ingênuas ou distorcidas sobre as ciências exibidas no documentário da *BBC Four*:

Aluno N: E é essa ligação que eu faço com o vídeo, que ele faz o uso muito abusivo de termos divinadores [sic] do cientista. Eu pessoalmente detestei o vídeo por causa disso. (Transcrição das gravações).

Aluno A: Apesar de trazer esses pontos positivos que a gente comentou agora. Era quase aquele aspecto negativo que a gente falou que tem só alguns poucos gênios, que tem um insight, de repente tem uma ideia que resolve uma coisa. É bem isso aí. Ele põe [...] Ele teve um momento, uma brilhante ideia. Que eram só alguns poucos gênios que teve essa ideia. (Transcrição das gravações).

Aluno B: Ideias fantásticas, super maravilhosas, que era superimportante, que é usado até hoje. Porque se a gente contar que a ciência é mutável, então, por mais que ele se encaixe muito bem hoje, pode ser que depois ele possa ser derrubado por algo que seja melhor. (Transcrição das gravações).

Aluno I: Sem contar que o vídeo é muito sensacionalista também. A descoberta mais importante [risadas]. (Transcrição das gravações).

O exemplo abaixo, o licenciando faz uma crítica a uma visão ingênua e distorcida dos cientistas, e, crítica uma visão ingênua atórica ao tratar dos trabalhos de Rutherford:

Aluno I: Todo mundo era, toda pessoa do vídeo era um dos maiores gênios [risadas].

Aluno H: Quantos maiores gênios têm.

Aluno K: Ele acaba falando isso em várias passagens né “maiores gênios”, então ele acaba é [...] estigmatizando uma visão que a gente quer combater. Cientista brilhante, que o cara é um E. T., que o cara é fora do normal, ele fala bastante isso. Isso aí entra na parte dos negativos lá. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno A: Apesar de haver alguns aspectos positivos (como alguns dos itens da questão anterior) acredito que ainda transmite aquela figura de alguns poucos cientistas geniais, que de repente têm uma ideia brilhante e descobre respostas. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

Aluno N: Eu anotei, eu anotei mais fiquei na dúvida na hora de colocar, que é [...] eles contextualizam o cientista, mas eles contextualizam o cientista como se ele não fosse uma pessoa, na hora que ele vai falar de Einstein, ele fala que Einstein era um brilhante e arrogante, que passou por muitas dificuldades, mas ele era tão brilhante que ele conseguiu revolucionar a física, é [...] então assim, por mais que ele traz o contexto de que ele é uma pessoa como nós, ele ainda fala de uma forma como ele não fosse uma pessoa como nós. Ele junta alguns alunos e pesquisadores e começam a fazer pesquisa exaustivamente, aí chega uma hora que miraculosamente o Rutherford pensa: então, prossiga com os experimentos e análise se ricocheteia [...] se causa ricochete. Como se tivesse um relampejo sobre-humano, extra intuitivo. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno I: Apontou problemas no vídeo em relação a natureza da ciência, como o uso dos termos “descoberta absoluta”. **(Transcrição das notas de campo).**

Aluno O: A visão de ciência passada no documentário é uma visão de ciência elitista, em que o cientista é um ser iluminado e diferente de pessoas comuns não retrata os diferentes cientistas e vem o esforço diário e trabalho duro para o estudo de teorias científicas anteriores a seu tempo. Uma visão de que a ciência não está ao alcance de todos os cientistas, mas apenas restrito a uma pequena minoria, no entanto, esse tipo de iluminação não existe. Uma vez que sem estudos e trabalho árduo não há resultados. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

Os estudantes também destacaram alguns aspectos da NDC ou da prática científica presente nas ciências no decorrer da aplicação da proposta didática.

Aluno N: Do cientista propriamente ele está dentro de um contexto com as próprias crenças, com seus próprios pensamentos, e isso vai influenciar nos resultados que ele vai adquirir. Então os resultados que eles obtêm, não são necessariamente os resultados neutros que as pessoas acham que a ciência é. Então [...] porque

a pessoa que faz ciência não é uma pessoa neutra, ela é uma pessoa com crenças também, então, acredito que o aspecto da natureza da ciência, é [...] que este presente, acredita que seja bastante o contexto e a crença envolvida dentro do trabalho dos cientistas. **(Transcrição das gravações).**

Aluno B: É a questão da mutabilidade da ciência. Que ela não é uma coisa fixa. **(Transcrição das gravações).**

Aluno I: É [...] [pode falar – outro aluno] eu percebi também a questão do embate entre os cientistas, o jogo de interesse mesmo. Por exemplo, Einstein tentar combater as ideias de Rutherford e, é [...] Meio que esse jogo de interesse mesmo né, um jogo. Também percebi, por exemplo, quando ele fala do vapor, a ciência pode servir de interesse de outros, sociais, políticos [professora: Completamente], pessoais. **(Transcrição das gravações).**

Aluno O: Traz aspectos da NDC fala do átomo desde a Grécia, traz outros modelos, cita os cientistas não reconhecidos.

Aluno I: Um tanto dogmática. Em muitos momentos, o apresentador fala sobre descobertas e evidências irrefutáveis: que o átomo tinha de existir, afinal, ninguém havia pensado em outras explicações para determinados fenômenos. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

Entretanto, nas falas dos participantes, podem-se identificar algumas visões ingênuas em relação à construção do conhecimento científico.

Aluno C: Os aspectos da natureza das ciências observados no vídeo consistem numa visão dinâmica e abrangente através das formulações de hipóteses iniciais da estrutura da matéria física e química que envolve o átomo, sendo a explanação do apresentador destaca a forma empírica à comprovação científica dos fatos envolvidos. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

Aluno G: O vídeo é bem explicado e a tratativa da história da Ciência apresentada por ele é bem elaborada, de forma que o vídeo se torna algo extremamente agradável de assistir e não gerando interpretações errôneas a respeito do conteúdo abordado pelo apresentador. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

Aluno K: Aspectos positivos é o próprio vídeo – sua qualidade intrínseca de produção e de narrativa: a ideia da natureza da ciência como colocado na questão 1. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

Categoria 3 – Aspectos formativos:

A categoria 3 sobre os “Aspectos formativos”, apresentam aspectos importantes da proposta no âmbito da formação de professores. No decorrer das transcrições das videograções e das notas de campo, os licenciandos assinalaram algumas dificuldades que eles tiveram em relação à proposta didática implementada, bem como pontos positivos em relação a esta.

Na primeira parte da aula foi realizado um levantamento sobre formações anteriores em relação a HC, seja na educação básica ou superior:

Professora A: Quem já teve contato com o uso da história da ciência no ensino?

Aluno G: citou a linha do tempo. (Transcrição das notas de campo).

Aluno F: teve contato com a história da astronomia. (Transcrição das notas de campo).

Aluno H: lembrou sobre a pseudo-história nas aulas de Práticas Pedagógicas de Ciências. (Transcrição das notas de campo).

Aluno J: os textos sobre Joule estudados na Unidade Curricular: Física III do curso de Ciências – Licenciatura. (Transcrição das notas de campo).

Aluno N: Eu tive isso no Ensino Médio por que [...] Os livros didáticos de química, não só de química de... Biologia e física também eles têm um caráter “endeusador” do cientista [...]

No trecho a seguir, mostra que as aulas anteriores de práticas pedagógicas possam ter contribuído para eles terem uma visão mais complexa das relações entre CTS, e não socialmente neutra da ciência.

Aluno I: Outro ponto que deve ser destacado é o fato de o vapor ter ganhado certa notoriedade no período pós-guerra, alimentando máquinas, fabricas e servindo aos propósitos industriais e militares. Mostra que a Ciência pode funcionar para atender determinados interesses de grupos específicos. (Respostas dos questionários sobre o documentário).

Além disso, os licenciandos destacaram algumas dificuldades com a proposta didática. O aluno M apontou dificuldades em identificar se a abordagem histórica favoreceu a alfabetização científica, por causa do recorte realizado nas propostas didáticas trazidas publicadas por pesquisadores da área sobre a inserção da HC no ensino, trabalhados na segunda aula da proposta:

Aluno M: Sim, mas, na pergunta que está aqui sobre se a abordagem histórica favoreceu a alfabetização

científica dos alunos. Ele cita a Sasseron, relacionando a alfabetização científica, mas pelo fato de ser aberto, eu não sei exatamente como ele trabalhou o conteúdo, e é difícil responder se ele atingiu, porque ele fala assim, vai ser trabalho slides, fazer questionamentos, depois ele começa a uma proposta mais CTS, aí eu não sei até que ponto ele retomou. **(Transcrição das videogravações).**

Já o aluno N achou difícil realizar a atividade “Tem fundamento ou não” aplicada na primeira aula do bloco sobre a HC:

Aluno N: Ok [risadas] é que é muito difícil fazer essa atividade. Acredito que sim. **(Transcrição das videogravações).**

Um dos alunos comentou que eles tinham pouco tempo para a elaboração dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.

Aluno K: Comentou que tinham pouco tempo para a elaboração dos planos de aula. **(Transcrição das notas de campo).**

O aluno H mostrou preocupação com a imagem da ciência presente nas práticas em sala de aula:

Aluno H: O ponto mais notável em minha opinião é a maneira como é apresentada a possibilidade de mudança da ciência, o que contradiz muito a prática em algumas salas de aula. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

Os participantes da pesquisa também destacaram partes da proposta didática que ajudaram no desenvolvimento das outras etapas do bloco temático, além de formações anteriores que favoreceram na compreensão do tema abordado.

Aluno M: Eu vi os *slides*, depois que eu li o texto.

Aluno N: Ajudou bastante, assim, mas não só essa parte, eu estou dando a monitoria de Química I, com um professor que também pesquisa sobre história da ciência, então tem o adicional que as questões, ele trabalha, ele direciona bastante as aulas dele, a história da ciência. **(Transcrição das videogravações).**

Professora A: E o modo como ele apresenta a história de Bohr? Diferente do que você viu no livro didático?

Aluno I: Não, com certeza, eu já estava esperando isso porque a gente teve aquela aula né. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno K: Achei interessante, a gente já tinha visto a apresentação da pesquisadora A e foi legal né, ver um pouco mais dos detalhes né. É, acho que é bacana essa parte que ele conta da injustiça e de assim é, de ser fazer ciências com várias mãos, vários caras estudando coisas parecidas, com objetivos diferentes.

(Transcrição das videograções).

Aluno I: Porque eu acho que baseado no texto da aula passada isso melhora a concepção de natureza da ciência e isso melhora a concepção dos conceitos também. (Transcrição das videograções).

Os licenciandos também assinalaram pontos positivos da proposta didática implementada em sala de aula.

Aluno K: Achou interessantes o roteiro e a avaliação entre pares. Comentou que tirou foto do quadro de avaliação para ele utilizar como base o roteiro de avaliação para poder avaliar quando ele começasse a lecionar. (Transcrição das notas de campo).

Professora A: Pergunta se os alunos gostaram da avaliação entre pares.

Aluno F: Comenta que foi interessante, que o curso dá várias propostas, mas não se preocupa muito sobre a avaliação. (Transcrição das notas de campo).

Além disso, os licenciandos revelaram preocupações em relação à visão de NDC apresentada aos alunos.

Aluno O: A gente também tem que passar para os alunos que está ao alcance de todo mundo [...] que a ciência é movida pela humanidade [...]. (Transcrição das videograções).

E com relação a sua futura prática profissional, sobre o uso do texto histórico sobre o desenvolvimento de alguns modelos atômicos no começo do século XX:

Aluno N: É, assim, minha visão pessoal, ele é realmente muito completo, é um texto que eu pessoalmente usaria no ensino médio [...]. (Transcrição das videograções).

E reflexões acerca da utilização de uma abordagem histórica na sala de aula:

Aluno I: Então eu não sei por onde começar, nem toda aula eu vou ter que levar uma abordagem histórica, mas se eu não levar em nenhuma, eu seria pior se eu levasse em outra. Então, por onde o professor pode, por exemplo, para ele dar um pontapé inicial para que de fato ele possa entender a história da ciência para cada conceito? (Transcrição das videograções).

Aluno K: No entanto, o professor que expor o vídeo tem de estar preparado para uma série de abordagens e de dúvidas que o vídeo levanta. Por exemplo, como se estimulou o tamanho de um átomo se nunca havia visto um! Só para começar! Rrsrs. (Respostas dos questionários sobre o documentário).

Aluno I: Outro ponto que deve ser ressaltado, ainda sobre sensacionalismo, é a afirmação, a todo o momento,

de que a próxima descoberta é “a mais importante da história”. Ora, se todas são tão importantes assim, nenhuma pode se destacar. Isso mais uma vez, concebe uma visão errada sobre como a Ciência se estrutura.

Aluno I: Os alunos que ainda não se depararam com as questões que permeiam o debate de NDC irão construir - e reforçar – noções errôneas sobre como a Ciência funciona, quais aspectos abarca, suas influências, processos históricos etc. Apesar de ser interessante e uma forma diferente de apresentar o conteúdo, carrega certos aspectos que devem ser debatidos anteriormente. Por um lado, os estudantes irão aprender o conceito científico de átomo e, por outro, edificar uma noção equivocada sobre a Ciência. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

Na primeira aula da implementação da proposta didática os alunos elencaram alguns benefícios sobre o uso de vídeos distorcidos em sala de aula, como destacado nas transcrições a seguir:

Aluno N: [...] devido aos recursos de mídia, devido ao fato dele fazer isso no formato de vídeo e ficar extremamente visível, o que está propondo com os desenhos fica mais elucidativo. O que seria melhor do que ler um texto sobre átomo.

Aluno N: Que ele traz os conceitos científicos de uma forma midiática, e isso favorecem a compreender dos conceitos científicos. **(Transcrição das videograções).**

Aluno H: Mas por um lado bom essas partes, proporciona discussões como essa. Então, você pode ver vídeos abordando questões como essa com o mesmo discurso só que um viés mais sério, sabe? **(Transcrição das videograções).**

Os alunos também refletiram sobre diferentes estratégias para um determinado tema, quando estavam ponderando sobre o uso desses vídeos que apresentam distorções históricas em sala de aula.

Aluno N: [...] mas agora a 5 minutos atrás você disse que tem a questão de dominação social, eu pensei: beleza, mais um ponto a favor do não usar o vídeo, porque [...] ok, ele traz os conceitos de uma forma satisfatória, mas ele faz isso carregado de noções erradas também, eu, eu Aluno N, não usaria. **(Transcrição das videograções).**

Aluno M: Então eu acho que é a mesma coisa, tem que ser trabalhado o texto e eles ir construindo. Eu não sei se vale a pena ter uma aula expositiva diante de um texto desses, **(Transcrição das videograções).**

Aluno I: Se eu partir do pressuposto que se o aluno conhecer sobre história da ciência vai ter uma melhor percepção da natureza da ciência e dos conceitos científicos, como que eu levo isso para a sala de aula? **(Transcrição das videograções).**

Aluno K: Achou interessantes o roteiro e a avaliação entre pares. Comentou que tirou foto do quadro de avaliação para ele utilizar como base o roteiro de avaliação para poder avaliar quando ele começasse a lecionar. (Transcrição das notas de campo).

Além desses aspectos, podem-se destacar algumas contribuições que a proposta ofereceu à formação desses futuros professores, como observado nos trechos a seguir:

Aluno H: Mas por um lado bom essas partes, proporciona discussões como essa. Então, você pode ver vídeos abordando questões como essa com o mesmo discurso só que um viés mais sério, sabe? É isso que eu quero pegar, mesmo, e ponto final, mas [...] para cá, para gente, que somos professores em formação, é importante que a gente tenha isso como subsídio para poder discutir. (Transcrição das videogravações).

Aluno I: Porque eu acho que baseado no texto da aula passada isso melhora a concepção de natureza da ciência e isso melhora a concepção dos conceitos também.

Aluno H: Essas partes proporcionam discussões como essa, para ter subsídios; (Transcrição das videogravações).

Aluno M: Mas sabe professora, eu acho que isso é um processo importante para a nossa formação [...]. (Transcrição das videogravações).

Aluno H: Falou da importância do uso de vídeos distorcidos na formação inicial de professores de ciências, para proporcionar discussões como as que ocorreram em sala durante a sua formação. (Transcrição das notas de campo).

Categoria 4 – Construção de propostas didáticas:

Nesta categoria, apresentam-se extratos de respostas dos estudantes sobre os desafios, dúvidas, dificuldades relacionadas à construção de propostas didáticas que busca inserir conteúdos de HC na educação básica.

Aluno N: A inserção da HC no ensino é um processo gradual. (Transcrição das videogravações).

Aluno I: Sim, no caso eu partindo desse pressuposto, mas ao mesmo tempo eu aceito que é [...] eu não consigo abarcar todos os aspectos de HC no livro didático ou na aula, porque né não tem como. (Transcrição das videogravações).

Aluno N: Apontou dificuldades em se inserir a HC nos primeiros termos da graduação. (Transcrição das notas de campo).

Além disso, refletiram sobre o não uso de atividades que trazem uma perspectiva histórica sobre determinado tema.

Aluno I: Professora é [...] Por exemplo, quando o professor tiver atuando, ele tratar o conteúdo sem abarcar nenhuma perspectiva histórica, só, sei lá, deixar o conteúdo impessoal [professora A respondeu que sim] ou ele é trata de uma perspectiva histórica... Sei lá, alterada, qual seria mais prejudicial para o aluno, tem como fazer essa relação? **(Transcrição das videogravações).**

Na primeira aula do bloco temático, os licenciandos tinham diversas dúvidas em relação a como levar conteúdos históricos para a sala de aula.

Aluno I: Então é eu fiz duas perguntas na verdade, a primeira pergunta é sobre acho que uma questão sobre a ciência mesmo, uma questão mais conceitual e a segunda é sobre educação no caso tangenciando esse texto. Se eu partir do pressuposto que se o aluno conhecer sobre história da ciência vai ter uma melhor percepção da natureza da ciência e dos conceitos científicos, como que eu levo isso para a sala de aula? Porque se eu for tratar só de átomo, olha o tanto de coisa que a gente já leu, mas não tem só átomo no Ensino Médio, pelo contrário. Então eu não sei por onde começar, nem toda aula eu vou ter que levar uma abordagem histórica, mas se eu não levar em nenhuma, eu seria pior se eu levasse em outra. Então, por onde o professor pode, por exemplo, para ele dar um pontapé inicial para que de fato ele possa entender a história da ciência para cada conceito? Porque se jogarmos no Google vai ter muitos textos, os livros didáticos muitas vezes passam uma visão bem estereotipada. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno I: Até porque o que a gente está vendo aqui é só um tema, beleza é sobre natureza da ciência, mas é só sobre o átomo, só sobre Bohr ainda.

Professora A: É o recorte, do recorte, do recorte.

Aluno I: Exatamente, como trazer uma percepção dessas no Ensino Médio? **(Transcrição das videogravações).**

Aluno I: Sim, se o professor discutir as concepções de natureza da ciência em aulas prévias. Os alunos que ainda não se depararam com as questões que permeiam o debate de NDC irão construir - e reforçar - noções errôneas sobre como a Ciência funciona, quais aspectos abarca, suas influências, processos históricos etc. Apesar de ser interessante e uma forma diferente de apresentar o conteúdo, carrega certos aspectos que devem ser debatidos anteriormente. Por um lado, os estudantes irão aprender o conceito científico de átomo e, por outro, edificar uma noção equivocada sobre a Ciência. O professor deve se policiar para fomentar uma discussão saudável. **(Respostas dos questionários sobre o documentário).**

O aluno N após preparar o plano de ensino abordando a HC na educação básica retratou no início da última aula que ele achou difícil a elaboração da proposta sobre a inserção da HC:

Aluno N: Achou surpreendentemente difícil a inclusão da HC no ensino (proposta didática elaborada pelos estudantes). **(Transcrição das notas de campo).**

Observamos o resultado das aulas anteriores nos planos de ensino elaborados pelos licenciandos de física e química. Houve propostas que apresentaram uma metodologia adequada, utilizando uma abordagem histórica consistente no decorrer das descrições das aulas. As imagens a seguir são exemplos retirados do plano de ensino do aluno I, é possível observar que o licenciando empregou a HC para ensinar conceitos de física e química em suas aulas desenvolvidas para alunos do terceiro ano do EM.

Aluno I:

Neste trabalho, foi desenvolvida uma sequência didática cujo objetivo pedagógico está pautado em levar para a sala de aula uma faceta da história da ciência que rompe um paradigma estabelecido pelos livros didático. A simplificação exacerbada

Na terceira e quarta aulas, o texto base será trabalhado: “Niels Bohr, espectroscopia e modelos atômicos no início do século XX”. O professor deve ler com os alunos a Introdução e selecionar alguns trechos que evidenciam a busca por um modelo atômico estável. Após, trechos acerca do experimento de Rutherford, a instabilidade de seu átomo e do átomo de Nagaoka. As perguntas do texto devem ser problematizadas em sala. Por exemplo, a questão “Se a ideia era estudar o que ocorria com as partículas que colidiam com a folha de ouro, ou outros materiais, por que o anteparo não era plano do lado oposto à fonte?” Essas e demais devem ser debatidas sempre à luz da história e natureza da ciência. No fim da aula, o professor deve transcrever essas e outras questões na lousa e trabalhar as respostas junto aos alunos.

Nessa aula, o professor deverá ler e debater junto dos alunos o trecho que trata acerca da vida e formação de Bohr. Após, deverá ser problematizada a relação entre o espectro de linhas e o modelo atômico. É uma preparação para a próxima aula, em que os alunos deverão ser capazes de entender como Bohr explicou esse fenômeno utilizando seu modelo atômico. Aqui, devem identificar os aspectos consensuais na estruturação desse conhecimento: o fato de seu modelo ter sofrido influência de diversos outros, como e porque Rutherford o ajudou, qual o contexto científico da época e a fluidez da Ciência. Os alunos deverão escrever uma síntese da aula para consulta futura.

Aqui, finalmente, será visto o modelo atômico de Bohr. Cada conceito deve ser resgatado e sua influência debatida. Por fim, os alunos devem ser capazes de relacionar o fenômeno do espectro de linhas/linhas de Fraunhofer com o modelo atômico, níveis quânticos e comprimento de onda/frequência de onda. Exercícios matemáticos devem ser feitos utilizando o conceito de energia do quantum vistos na primeira/segunda aula.

Os alunos apresentaram maneiras de trabalhar o texto histórico em sala de aula. Por exemplo, o aluno A em seu plano de ensino realizou um recorte do texto histórico estudado em sala de aula para trabalhar com os alunos do 3º ano do EM.

Aluno A:

Aula 3	Leitura do recorte do Texto "NIELS BOHR, ESPECTROSCÓPIA E ALGUNS MODELOS ATÔMICOS NO COMEÇO DO SÉCULO XX." de F. S. Siqueira e A. V. Mello (Anexo 1), seguida de discussão sobre a História das Ciências
--------	--

Anexo 1

Em geral, reforça-se a visão de uma história das ciências linear, elitista, neutra, ingênua e produtora de provas irrefutáveis, mediante um único método científico universal.

Seguindo aquela trajetória mais popular, parte-se dos atomistas gregos, explicando de modo anacrônico sobre partículas indivisíveis, e dá-se um salto de mais de 20 séculos, para recomençar

Contudo, alguns licenciandos acabaram não utilizando o texto histórico indicado nas orientações para a elaboração do plano de ensino. Apesar desse fato alguns alunos apresentaram uma leitura alternativa, como foi o caso do aluno B:

Desenvolvimento do tema:

Nestas aulas será contada, a partir de um texto para leitura em conjunto, um pouco da história de Dalton e das influências que sofreu, desde a influência de seu tutor, quanto tinha cerca de 12 anos, cujos estudos eram voltados a fenômenos meteorológicos, até a grande influência da teoria corpuscular de Newton, fortemente presentes nos primeiros trabalhos de Dalton, além de algumas dificuldades para chegar até sua teoria atômica.

A leitura será feita pausadamente, por pessoas diferentes, e com comentários, ou mesmo explicações, quando necessário.

A partir desse texto será feita uma discussão com as seguintes questões:

Dalton formulou sua teoria atômica sozinho?

Quais foram as dificuldades encontradas por Dalton para formular sua teoria atômica?

Como a teoria atômica de Dalton foi recebida pela comunidade científica?

A teoria atômica de Dalton é igual as teorias atomistas anteriores?

Após a discussão será pedido aos alunos que respondam individualmente, para entregar, as questões discutidas.

4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VIANA, H. E. B. A CONSTRUÇÃO DA TEORIA ATÔMICA DE DALTON COMO ESTUDO DE CASO – e algumas reflexões para o ensino de química. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

Esse mesmo aluno fez uma problematização sobre a elaboração do modelo atômico de Dalton, utilizando um texto histórico com uma visão histórica mais consistente daquelas apresentadas nos livros didáticos. O aluno F utilizou o mesmo texto histórico indicado por parte do aluno B.

Aula 2: O professor inicia a segunda aula com a exposição de conteúdos na lousa, além do desenvolvimento das explicações sobre os atomistas modernos.

Em um segundo momento, o professor entrega um recorte da dissertação de mestrado: A CONSTRUÇÃO DA TEORIA ATÔMICA DE DALTON COMO ESTUDO DE CASO, do prof. Dr. Hélio, (texto 1) sobre as motivações de Dalton de rever a teoria atomista.

Já o aluno G apresentou uma abordagem histórica apenas na primeira aula do plano de ensino, utilizando a história apenas como uma introdução e não como alicerce da proposta didática.

AULA 01	Introdução a discussão a respeito dos modelos atômicos. Utilização do texto “Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX” de Siqueira e Mello (2018) como norteador da discussão, de modo que os alunos possam compreender os aspectos consensuais da HC presentes nessa discussão (influência do contexto social na Ciência, inexistência de um método científico universal, utilização da imaginação, crenças e etc. para se fazer Ciência.) (MOURA, 2014). É importante incentivar o pensamento crítico dos alunos para que eles possam extrapolar as discussões deste texto para toda e qualquer vertente da Ciência.
AULA 02	Nesta aula será apresentado o vídeo “CERN in 3 minutes” (2016) ¹ , em que há uma breve explicação de como o CERN, conhecido como Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear, funciona e como as pesquisas são realizadas. O intuito de mostrar esse vídeo aos alunos é de os situarem em relação ao conhecimento que eles estão aprendendo, que é um dos mais importantes tópicos de pesquisa da Física Moderna. Perguntas como “O que são quarks? ”, “Como o LHC (Large Hadron Collider) funciona as partículas? ”, “Qual o papel do CERN na evolução tecnológica da humanidade? ” ² servirão como fomentadoras de um debate a respeito do aspecto CTS do CERN e da física de partículas. Os alunos deverão entregar por escrito, na próxima aula, uma produção textual acerca da influência da física de partículas nos avanços

Além desses aspectos, segundo as avaliações dos planos de ensino os licenciandos apontaram pontos positivos em relação ao plano dos colegas:

Aluno M: Proposta do aluno N “Modelos atômicos e a história dos modelos atômicos”. Achou interessante ele colocar a história já no tema da proposta. Comenta também que no conteúdo programática ele também coloca a história dos modelos, ele achou interessante, pois para ele não é normal colocar a história como conteúdo programático.

Aluno M: Sobre a abordagem histórica, ele comenta que o aluno N deixa claro nos objetivos que a história seria um conteúdo, tinham aspectos da NDC. (Transcrição das notas de campo).

Aluno K: Achou interessante o uso de laboratório para trabalhar sobre a espectroscopia, laboratório caseiro de baixo custo. A HC é o norte do trabalho. Não tem muito detalhe sobre o conteúdo abordado. (Transcrição das notas de campo).

Aluno A: Item IX do roteiro 4.

Sim, adequada e diversificada mas falta o tempo de produção para ser assim	1,00 / 1,00
--	-------------

Aluno B: Item IV do roteiro 4.

Muito atividades diversificadas para alcançar os objetivos.	3,00 / 1,00
---	-------------

Aluno E e Aluno L: Item IV do roteiro 4.

Sim, a metodologia foi descrita, assim como os materiais. As estratégias permitem alcançar os objetivos e as atividades foram bem conectadas.	1,00 / 1,00
---	-------------

Aluno N: Item VII do roteiro 4.

Sim, principalmente no que se refere ao contexto de construção dos modelos, mas feito de forma histórica, não apresentando um contexto econômico. Não tem o conceito de outras atividades.	0,50 / 1,50
--	-------------

Aluno P: Item VII do roteiro 4.

Aluno O: Item VII do roteiro 4.

Aborda os aspectos natureza da ciência, tal qual aspectos sociais, econômicos.	1,00 / 1,50
---	-------------

Parte a contextualização e a sequência três aspectos históricos que nos se apresentam, só os conceitos físicos, mas também aspectos que nos são trabalhados em livros de física. Com o intuito que o aluno tenha um contato com a história, de modo um contato histórico-político e social.	1,50 / 1,50
---	-------------

Aluno B: Gostou que a proposta é bastante diversificada, vários recursos, metodologias, avaliação também, desde exercícios, até uma redação. Interdisciplinaridade entre as áreas. (Transcrição das notas de campo).

Entretanto, também foram apontadas lacunas existentes nos planos de ensino segundo a avaliação realizada pelos licenciandos:

Aluno F: As aulas são muito boas. Como ele colocou como objetivo a contextualização ele acha que faltou. Metodologia coerente. Avaliação adequada. Eu não sei se eu entendi errado como se aborda a HC, mas achou que na proposta da pessoa, a HC ficou apenas introdutória. (Transcrição das notas de campo).

Aluno A: A parte da HC, na primeira aula ele cita que irá utilizar o texto lido na sala de aula. Ele só coloca a utilização do texto, mas não coloca como utilizaria o texto. A HC fica apenas na discussão dessa aula, depois tem os vídeos, e posteriormente entra mais na parte de física nuclear.

Aluno A: Isso, como tema disparador, depois vem vídeo sobre o CERN, questões, LHC, avanços tecnológicos (entrega de um texto). Acha que traz um conceito difícil de ser tratado, mas a HC fica apenas como tema introdutório. (Transcrição das notas de campo).

Aluno A: Item III do roteiro 4.

Elencar objetivos, mas não está tão claro como atingir todos objetivos O tempo pode ser insuficiente dada a complexidade dos assuntos	1,00 / 1,50
--	-------------

Aluno F: Item VI do roteiro 4.

A abordagem apresenta ser apenas introdutória ao assunto.	0,7 / 1,50
---	------------

Aluno G: Item III do roteiro 4.

O tempo para compreensão da radioatividade, ao meu ver, é curto - foram apenas 23 ou 25 min de aula - pós-vídeo.	1,3 / 1,50
--	------------

Aluno I: Item VI do roteiro 4.

Não há abordagem histórica.	0,0 / 1,50
--------------------------------	------------

Aluno D: Achou a proposta complexa para o terceiro ano do EM. Achou complicado avaliar a proposta porque não descreve muito bem as aulas. A história é usada, mas ele não consegue descrever como ela seria usada. **(Transcrição das notas de campo).**

Aluno J: Comenta que o texto histórico virou coadjuvante. Comenta sobre as pesquisas, vídeos utilizados. **(Transcrição das notas de campo).**

Aluno J: O trabalho é bom, entretanto, basicamente a proposta dele é passar o conceito de átomo, não traz nenhuma abordagem sobre a HC ou NDC. Tem o uso de um vídeo, mas no trabalho não é descrito como iria utilizar este recurso e não tem como identificar se é uma abordagem histórico ou conceitual. É descrito que o aluno irá propor a elaboração de maquetes. **(Transcrição das notas de campo).**

É importante destacar que algumas frases e trechos dos planos de ensino foram mantidos mais longos, para evitar algumas ideias perdessem o sentido e para entender melhor o contexto da resposta.

Categoria 5 – Percepções sobre o episódio histórico:

Nesta última categoria de análise abarcaram-se aspectos relacionados ao episódio histórico escrito sobre Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos do início do século XX. Dentre os conjuntos selecionados nesta categoria foram destacados pelos licenciandos aspectos da NDC ou da prática científica identificados no texto histórico estudado na pré-aula 2 e na segunda aula da implementação da proposta didática.

Aluno N: No texto eu acho que fala um pouco disso, porque quando ele vai trabalhar as questões que Rutherford apoiou o trabalho de Bohr, é isso, de acordo com as visões dele ele apoiava, tinha até aquelas questões que ele traz no texto, porque que o Rutherford ajudava o Bohr no inglês? Tem uma questão de interesse pessoal por trás disso. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno M: Eu tenho uma dúvida, uma vez a gente estava numa aula e a gente acabou falando sobre os modelos atômicos, se a gente falar pudim de passas [...]. Ele realmente falou pudim de passas, porque no texto fala que a ideia do pudim de passas é errada, porque passa uma ideia de elétrons fixos e o Thomson falava que os elétrons se mobilizavam.

Aluno N: Porque o pudim de passas é estático.

Aluno M: Exatamente, porque não teria como as passas se movimentarem numa massa. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno I: Então ele quebra aquele paradigma que a Ciência é neutra, que ela é elitista, cada personagem é um gênio, que os conceitos não vieram do nada que um influencia o outro. Por exemplo, faz uma ponte entre, sei lá, as primeiras pessoas que trouxeram os primeiros conceitos para Dalton, tem muito conceito, mas como levar isso para a sala de aula? (Transcrição das gravações).

Aluno H: Porque ele partiu de outros modelos, além do Thomson. Que era o modelo de Nagaoka que já citava os espaços. (Transcrição das gravações).

Além desses fatores, os participantes da pesquisa salientaram aspectos formativos e positivos em relação ao texto histórico. Um dos licenciandos destacou que a leitura do texto o ajudou a entender melhor a matéria estudada na unidade curricular (disciplina) de Química Inorgânica, que estuda um pouco sobre a estrutura da matéria, por exemplo.

Aluno M: Mas professora sabe uma coisa que eu achei muito curioso, eu li o texto antes da aula de inorgânica na segunda, na terça, e a gente tá estudando quântica pura, e aí entra nesses aspectos da estrutura da matéria, e aí o texto foi me ajudando a entender melhor a matéria porque você vai entendendo como foi a construção. (Transcrição das gravações).

Aluno M: O texto ajudou entender alguns conteúdos de química inorgânica que ele estava vendo em outra unidade curricular. Entender melhor sobre a estrutura da matéria. (Transcrição das notas de campo).

Aluno I: Eu gostei muito do texto, diferente do aluno J, mas eu gosto dessa parte de HC, achei o texto muito bem escrito, não foi uma leitura difícil, concordo com ele, não tem muito outros temas, o foco principal foi história e eu não acho problema, tem muitos textos que falam sobre isso, tem outros que falam sobre educação ou CTS. (Transcrição das gravações).

Aluno D: Eu gostei por não focar nos principais cientistas, é porque normalmente quando a gente vai estudar o átomo é sempre os mesmos, esse aqui fez isso, depois esse aqui fez aquilo, e esse fez outro modelo. Aí começa a trazer outros cientistas que normalmente são esquecidos, mas que tiveram grande importância para o negócio. Eu gostei muito dessa parte, quando mostra esses outros. (Transcrição das gravações).

Aluno E: É eu li, eu gostei do texto, basicamente, eu gosto de textos assim de HC. Com relação aos conceitos eu consegui enxergar de forma superficial, acredito que esse não era a forma que o texto foi abordado. O que eu achei mais interessante foi conhecer esses outros cientistas. (Transcrição das gravações).

Aluno L: Eu gostei, achei que estava fácil de ler. Eu gostei bastante que focou muito no Nagaoka, ele merecia isso, depois eu fui pesquisar mais informações sobre ele, e não achei muita coisa sobre ele. Eu fiquei

pensando, como naquela época ele chegou tão perto de um modelo mais ideal e desistiu. Então foi muito legal falar sobre esses cientistas, dessa visão, que para chegar onde está foi o esforço de muita gente não só um cara que conseguiu tudo sozinho achei bem legal. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno G: Comenta que o texto não é pesado e é tranquilo de ler. A linguagem é acessível. **(Transcrição das notas de campo).**

Entretanto, foram apontados alguns aspectos negativos em relação a este.

Aluno J: O texto começou história, história, história, história, aí passava um conceitozinho [sic], passava batido. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno C: O texto é bom, ajuda, mas o vídeo é o Power point foi muito mais explicativo. Mas elas se intercalam, as duas coisas [...]. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno I: A impressão que eu tive no texto como eles colocam as descobertas e os experimentos do átomo, é que a ciência inteira estava fazendo uma mobilização para definir isso aí. Minha pergunta é: até que o ponto os cientistas, todos eles estavam preocupados com o modelo atômico, sobre a natureza do átomo? Porque assim, obvio que tinha linhas de pesquisas diferentes, nem todo mundo vai investigar sobretudo, mas é uma coisa que eu tive ao ler o texto, que a ciência toda, todo mundo se esforçando naquele centro sobre o átomo e tal. **(Transcrição das videogravações).**

Além do mais, os licenciandos discutiram e questionaram sobre como e onde utilizar este texto histórico em sala de aula. As discussões perpassaram diferentes ambientes de ensino, como na formação de professores ou na escola básica.

Professora A: Esse texto, por exemplo, para que termo, então, para que termo vocês acham [...]?

Aluno M: Primeiro termo e para quem está fazendo orgânica [risos]. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno D: Achou o texto pesado para o EM.

Aluno M: Que nem a gente lê um texto de práticas, o diálogo com o professor, que um aluno fala para o professor “ah você não tá controlando a sala então você tem que gritar” e era na aula de estágio né, a professora do estágio falou que o artigo falava bem assim, que os alunos tem uma cultura e eles estão acostumados a base do grito, eles não estão acostumado com o diálogo, então para ele professor, só é ter o controle da sala se ele gritasse, e ela vai falando que são processos que não é no começo. Então eu acho que é a mesma coisa, tem que ser trabalhado o texto e eles ir construindo. Eu não sei se vale a pena ter uma aula expositiva diante de um texto desses, eu acho que um texto desses substitui toda uma aula de modelos atômicos. **(Transcrição das videogravações).**

Aluno N: É, assim, minha visão pessoal, ele é realmente muito completo, é um texto que eu pessoalmente usaria no ensino médio [...]. (Transcrição das videograções).

Um dos alunos sugeriu que para a utilização desse texto histórico nas aulas do EM seria interessante a realização de um recorte do texto:

Aluno M: Talvez fazendo um recorte.

Professora B: Olha, dependendo do ensino médio eu o acho meio pesado.

Aluno N: Eu assim... é porque, eu não achei pesado, eu não vou mentir não

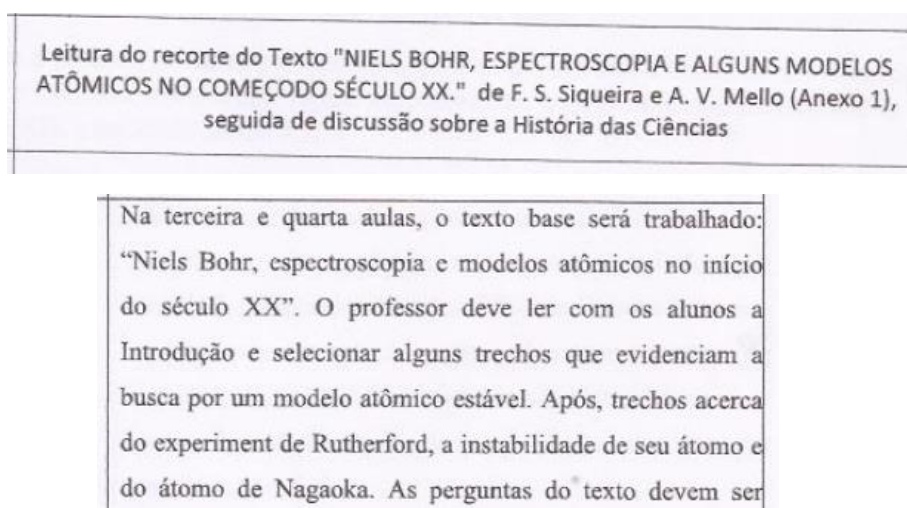
Professora A: Será porque teve a aula antes?

Aluno M: Mas eu também não achei, o texto é fluido, é longo, mas é uma leitura agradável.

Aluno N: É que eu pessoalmente o vejo como uma possibilidade muito grande de contribuir. E é um texto assim, os recortes na parte espectroscópica, beleza, agora no que envolve a história dos modelos, dos conflitos sociais dos cientistas, que são se eu não me engano as primeiras dez páginas do texto, eu perfeitamente acho que é perfeitamente aplicável. (Transcrição das videograções).

Aluno M: Talvez se a gente lese parte do texto em cada aula, eu fiz uma disciplina onde trabalhava partes do texto, eu acho que dá para trabalhar, aí você vai levantando pontos com eles, que eles tenham dúvidas. (Transcrição das videograções).

Essa sugestão também foi indicada em alguns planos de ensino elaborados pelos licenciandos na última pré-aula do bloco sobre a inserção da HC na educação básica. Como o caso do aluno A e aluno I, respectivamente, apresentadas nas imagens a seguir:



Além disso, sobre o episódio histórico estudado decorrer do plano de ensino conceitos científicos inadequados sobre os temas abordados no episódio histórico:

Aluno N: [...] mas o que eu aprendi é que antes de Boltzman já existia dois modelos, que era o modelo de

Dalton, o modelo da esfera indivisível, e o modelo de Thomson que era do pudim de passas, que ele fez um tubo de raios catódicos, e aí desviou o [...] a trajetória e a partir daquilo, ele viu que o átomo tinha carga [...].
(Transcrição das videogravações).

Aluno N: Então, o aspecto positivo do vídeo, é o que ele relata no sentido científico, para mim ele explica de uma forma relativamente satisfatória, como por exemplo, ele traz a questão do movimento browniano, utiliza o pólen e o pólen se espalha. Einstein elaborar a ideia de que a partir do movimento browniano, ele comprova a existência dos átomos, que até então eram desacreditados, então, com relação ao movimento browniano, faz bastante sentido [...]. (Transcrição das videogravações).

Aluno G: Mas professora, o Planck já propôs a energia como discreta, aí a espectroscopia foi em cima disso.
(Transcrição das videogravações).

Em relação ao episódio histórico os licenciando citaram conceitos científicos adequados sobre o átomo de Bohr, proposto em 1913, e ao estudo da espectroscopia:

Aluno O: Nível de energia [...] que tem até os postulados de Bohr.

Aluno N: Então faz todo sentido ele se embasar no modelo de Rutherford. Sim? (Transcrição das videogravações).

Aluno O: Cada elemento emite uma cor né?

Aluno N: Sim. Cada elemento tem um espectro específico, mas se eu não me engano não é só o Bohr que contribui nisso. É [...] eu não tenho certeza agora. (Transcrição das videogravações).

Os dados desta última categoria foram importantes para avaliar a adequação do texto histórico para um grupo de professores em formação.

Algumas reflexões

A AC se mostrou uma ferramenta com potencial para identificar as ideias, impressões e mensagens importantes que ocorreram na comunicação ocorrida durante a implementação da proposta didática na formação inicial de professores de ciências (física e química).

Com esta análise, buscamos avaliar se a proposta didática ajudou os licenciandos a terem uma melhor fundamentação e uma visão mais crítica, para conseguirem pensar o uso da HC na educação básica e, também, na sua própria formação. Para isto, foram utilizados vários recursos e estratégias de ensino, visando atingir esses objetivos, como o uso de um documentário mostrando uma visão distorcida sobre o tema trabalhado; um texto histórico

sobre alguns modelos atômicos do início do século XX e aspectos das contribuições de Niels Bohr para a história da espectroscopia; aulas expositivas e dialogadas sobre o tema trabalhado e desafios, obstáculos sobre a inserção da HC no ensino, além de diversos exemplos de propostas didáticas envolvendo essa temática.

Verifica-se que o uso de vídeos com uma perspectiva histórica considerada ingênua, perante as propostas, por exemplo, de Roberto Martins (2006); Gil Pérez e colaboradores (2001), se mostrou uma ferramenta didática benéfica para discutir aspectos da NDC ou da prática científica, sobre a visão de ciência transmitida na maior parte dos livros textos de ciências e materiais de divulgação científica. Já o texto histórico elaborado ofereceu suporte e exemplos históricos complexos para trabalhar aspectos epistêmicos e não epistêmicos, referentes à construção do modelo atômico de Bohr, publicado em 1913. Além disso, apresentaram-se alguns cientistas importantes na elaboração deste modelo, porém, só são citados em alguns trabalhos recentes de historiadores da ciência.

No decorrer desta AC verificaram-se aspectos que os licenciandos acharam interessantes, como foi o caso da correção entre pares dos planos de ensino, o texto histórico trabalhado em sala de aula, dentre outros. Além do mais, os participantes da pesquisa apontaram alguns desafios e obstáculos sobre a construção de propostas que visa a inserção da HC no ensino. Esses planos de ensino, por sua vez, mostram aspectos formativos interessantes, mas também limitações de se trabalhar um tema tão complexo em apenas 3 encontros.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa foi desenvolvida na interface entre diferentes áreas da educação, agregando princípios do ensino de física, conteúdos de historiografia da HC no ensino e pesquisas envolvendo a formação de professores.

Um dos desafios enfrentados por pesquisadores e formadores de professores é atuar na interface entre a HC e o ensino (FORATO; GUERRA; BRAGA, 2014). A bibliografia especializada tem sido ampla em discutir dificuldades do professor da escola básica, para o uso da HC em suas aulas, mas poucas pesquisas tem sido feitas sobre as dificuldades do docente formador de professores para atuar nesse tema (FORATO; SILVA, 2017). Assim, espera-se que o processo, as dificuldades e os resultados aqui apresentados, possam auxiliar a prática de formadores de professores, principalmente os que não vivenciaram esse escopo de pesquisa em seu percurso de formação.

No desenvolvimento desta dissertação foram enfrentados vários desafios, como: a escolha do tema histórico apropriado para o contexto pedagógico específico; o próprio recorte histórico; a seleção das fontes históricas confiáveis para a construção do texto histórico e, também, a delimitação e seleção. Após estas etapas, o desafio foi a elaboração, implementação e análise da proposta didática.

Buscou-se produzir conhecimento acadêmico sobre a inserção da HC na formação de professores de ciências (física e química), como objetivo geral da pesquisa. Para isso, elaboramos, implementamos e analisamos uma proposta formativa em uma disciplina do curso de Graduação em Ciências-Licenciatura da Unifesp – *campus* Diadema. A implementação dessa proposta ocorreu ao longo de três semanas, totalizando quase 12 horas presenciais e algumas atividades extra sala. Além do contexto específico, de uma disciplina no último ano de curso, foi necessário considerar as possíveis vivências anteriores que os licenciandos tiveram com o tema da HC no ensino. Assim, esta pesquisa de mestrado foi proposta como um desdobramento de um projeto Universal, a respeito de elementos que vem sendo introduzidos na formação inicial desses professores, nesse curso de Graduação em Ciências, desde 2011 (FORATO, 2019). A proposta desse projeto Universal perpassou seis disciplinas do curso, em inúmeras turmas, entre 2011 e 2018. Entretanto, esta pesquisa de mestrado focalizou a disciplina de Práticas Pedagógicas de Física II e, também, a disciplina de Práticas Pedagógicas de Química II. Aquele projeto Universal foi estruturado a partir de cinco pilares, que visam estruturar a formação para os usos da HC no ensino, que se materializavam

ao longo da formação inicial dos licenciandos, em diferentes disciplinas (Veja a Introdução, p. 13-23). Dentre esses pilares, nosso recorte focalizou os objetivos formativos que vinham sendo trabalhados nas Práticas Pedagógicas II, desde 2013. Ao longo desses anos, as atividades didáticas foram se aprimorando, diferentes enfoques foram sendo analisados, visando atingir aqueles objetivos formativos. Nossa análise buscou fundamentar algumas novas atividades e enfoques, buscando aprimorar as propostas anteriores.

Desse modo, para atingir os objetivos, foram realizados vários estudos sobre o tema e cada etapa utilizou diferentes metodologias específicas. No quadro teórico (capítulo 1), apresentamos o aporte teórico e a revisão bibliográfica dos temas trabalhados nessa pesquisa. Procuramos, com o levantamento, buscar subsídios para a construção do episódio histórico e da proposta didática, além de oferecer um panorama das pesquisas de e sobre Bohr em periódicos nacionais e internacionais. Já os tópicos sobre a HC no ensino, na formação de professores e a história da espectroscopia, também procuramos compreender os benefícios e obstáculos acerca da inserção da HC no ensino e na formação de professores. Cada vez mais, conforme mostrou nosso levantamento, disciplinas de cunho histórico-filosófico estão sendo implementadas nas universidades, nos cursos de formação inicial de professores.

Um dos objetivos específicos da pesquisa era elaborar uma proposta didática utilizando um episódio histórico da espectroscopia, especificamente sobre as contribuições de Niels Bohr, para contextualizar historicamente conceitos de física quântica e química moderna, de modo a permitir, também, reflexões sobre a prática científica. Um dos motivos para a escolha desse tema – modelos atômicos – se deve ao fato de que ambos são recortes para física e química, e já faz alguns anos que as turmas de Práticas Pedagógicas de Física e Química trabalham em conjunto, nesse tema. Assim sendo, no estudo histórico procuramos selecionar aspectos que mostrassem as contribuições de Niels Bohr para o estudo da espectroscopia, a partir do uso de obras primárias e secundárias, mediante a historiografia contemporânea (PESTRE, 1996; ALFONSO-GOLDFARB; BELTRAN, 2004; MARTINS, R., 2004, 2010; ROMERO, 2016), mostrando também alguns aspectos da prática científica, como, por exemplo, as questões regionais de nacionalidade e a própria língua influenciando na aceitação e divulgação de uma teoria/ideia. As questões sobre os debates científicos – trazendo aspectos documentados de como ocorreram, como foram resolvidas (e se foram), as divergências entre suas ideias e até mesmo as posições ocupadas pelos cientistas na sociedade da época. Também explicitamos os fatores não científicos, como o contexto (social, cultural,

político...), as relações entre os cientistas, dentre outros aspectos. Assim, buscamos exemplificar alguns aspectos epistêmicos e não epistêmicos do episódio.

A delimitação do texto histórico visando o ambiente de formação inicial de professores, no escopo da transposição didática de conteúdos da HC para o ambiente escolar, também foi um desafio. O primeiro estudo de fontes primárias e secundárias que localizamos sobre o episódio resultou em um texto de 60 páginas, o que extrapola um limite razoável para o contexto desta pesquisa. Para a delimitação do texto histórico final utilizamos como referencial teórico as reflexões propostas em Forato (2009), além das sugestões da banca de qualificação para enfatizar os trabalhos de Nicholson e Nagaoka e para omitir estudos sobre a radiação do corpo negro. A partir das sugestões, que permitiram excluir uma parte do texto, e do referencial de análise, que apoiou a delimitação dos aspectos a enfatizar e omitir no recorte restante, o texto histórico final apresenta cerca de 20 páginas. Com esse texto histórico, almejamos proporcionar alguns subsídios para que o docente formador de professores possa promover reflexões críticas acerca do desenvolvimento de alguns modelos atômicos no começo do século XX.

Essas etapas, citadas anteriormente (estudo bibliográfico sobre HC no ensino e na formação de professores; estudo e escrita do episódio histórico, e sua delimitação para o texto final), foram fundamentais para o desenvolvimento da proposta pedagógica. Na elaboração dessa proposta, utilizando esse episódio histórico, avaliamos e adaptamos elementos que haviam sido implementados em cinco edições anteriores do curso de PPF II (do qual participam também os discentes da PPQ II), buscando promover atividades didáticas que permitam ao futuro professor conhecer, avaliar e utilizar materiais historiográficos em uma perspectiva diacrônica e crítica. Procuramos envolver uma pluralidade de metodologias, de recursos didáticos e de abordagens educacionais, tanto promovendo a vivência para favorecer o aprendizado dos discentes, como para mostrar exemplos que podem ser utilizados na construção de planos de ensino, que podem ser adaptados em sua futura prática profissional. Alguns recursos e estratégias didáticas foram mantidos e outros foram desenvolvidos, em função do perfil da turma, dos resultados anteriores e do novo tema histórico adotado.

Um dos fatores importantes para conhecer as características da turma e da disciplina é que a autora desta dissertação cursou a disciplina de Práticas Pedagógicas de Física II em 2015, vivenciando uma das propostas de formação dos licenciados, para os usos da HC no ensino, no escopo do projeto Universal. Ademais, fazia parte do Programa de Aperfeiçoamento Didático, na disciplina de PPF II, fator importante para compreender as

peculiaridades da turma de aplicação de 2018, nas reflexões feitas em conjunto com as docentes das disciplinas. Além disso, fazia parte do grupo Multidisciplinar de Estudos, Pesquisa e Extensão em História e Filosofia das Ciências no Ensino de Ciências – HSSE, que contribuiu na validação da proposta didática e nas demais etapas da pesquisa, enriquecendo os debates e discussões acerca do desenvolvimento da dissertação.

Um dos objetivos específicos da pesquisa era a implementação da proposta didática para um grupo de professores em formação, licenciandos de ciências (física e química) da Unifesp. O planejamento para a coleta e análise dos dados produzidos foi fundamentado por uma metodologia qualitativa de pesquisa do tipo estudo de caso (ANDRÉ, 2010), pois se tratou de uma situação específica com suas próprias peculiaridades do contexto de aplicação da proposta, na formação de professores do curso de Graduação em Ciências. Em sala de aula, foi lidado com concepções prévias sobre os saberes históricos e epistemológicos das ciências, o que não é uma tarefa fácil para professores em formação (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Ao longo da implementação da proposta formativa nas turmas de PPF II e PPQ II, em conjunto, verificou-se que havia concepções prévias sobre as ciências, bem fundamentadas e também visões ingênuas. Identificamos conteúdos mobilizados em disciplinas anteriores, como era previsto, em função do projeto Universal que vinha sendo desenvolvido. Alguns estudantes manifestavam espontaneamente saberes anteriores, outros apresentavam uma visão menos fundamentada e havia também os que não tinham cursado etapas anteriores do projeto universal, uma vez que não há exigência de pré-requisitos nesse curso de graduação. Poucos demonstravam conhecimentos anteriores sobre a HC em relação aos conceitos trabalhados no episódio.

As cinco fontes de dados constituem-se nas transcrições dos eventos críticos das videograções das aulas e das notas de campo; e ainda, as atividades escritas pelos discentes (respostas dos questionários sobre o átomo (exemplos, Anexo E); respostas dos roteiros 4 de avaliação dos planos de ensino elaborados pelos licenciandos (exemplos, Anexo F); e os próprios planos de ensino (exemplo, Anexo G).

Para avaliar as possíveis contribuições e limitações que a proposta trouxe para oferecer subsídios para formação dos professores, quanto aos futuros usos da HC em sua prática profissional, foi utilizada a AC de Bardin (1977), que se mostrou uma ferramenta com grande potencial para identificar as impressões, ideias e mensagens presentes na implementação da proposta didática. Nesta análise procuramos avaliar se a proposta formativa auxiliou os discentes a terem uma melhor fundamentação e uma visão mais crítica em relação à inserção

da HC no ensino. Para isso foram utilizados vários recursos e estratégias de ensino visando atingir os objetivos, como análise do documentário; o texto histórico; aulas expositivas e dialogadas sobre o tema; além de avaliação sobre diferentes exemplos de propostas didáticas trazidas publicadas por pesquisadores da área, envolvendo a inserção da HC no ensino e roteiro de apoio para construção de planos de ensino.

No decorrer das aulas os licenciandos manifestaram visões sobre aspectos da NDC presentes nesse documentário e no texto histórico. O objetivo do uso do documentário era verificar as concepções prévias dos licenciandos, buscando trazer reflexões sobre distorções na HC e nos processos de desenvolvimento dos conhecimentos científicos (GIL-PÉREZ et al., 2001; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Acreditamos que esse tenha sido contemplado, tendo em vista as respostas dos licenciandos em relação ao documentário da *BBC Four* sobre o átomo, pois o vídeo proporcionou várias discussões/reflexões críticas sobre aspectos da NDC ou da prática científica, como foi elencado no capítulo 5. Alguns estudantes criticaram vários trechos do documentário, pois poderiam acarretar em uma visão ingênua e distorcida sobre a ciência. Entretanto, como os licenciandos estavam em formação, identificou-se algumas visões ingênuas sobre a construção da ciência. Esses licenciandos discutiram e sugeriram alguns benefícios sobre o uso de vídeos que apresentam distorções históricas em sala de aula. Nessa linha, houve também reflexões sobre o uso desse recurso em sala.

Ademais, a partir da transcrição das notas de campo e das reflexões que ocorriam com as docentes no decorrer da implementação, os licenciandos assinalaram alguns benefícios em relação aos usos da HC, e foram registrados desafios, dificuldades e até mesmo obstáculos sobre o tema. A identificação destes aspectos é relevante para se pensar na formação de professores, pois, a partir da detecção de tais problemas, é possível buscar meios para superá-los. Além disso, os licenciandos descreveram alguns problemas pertinentes aos usos da pseudo-história, como também erros historiográficos presentes nos livros didáticos de ciências.

Nos três dias foi possível identificar algumas percepções dos licenciandos em relação ao texto histórico elaborado. Eles apontaram aspectos da NDC ou da prática científica presentes no texto, como as limitações dos modelos, que a ciência é uma produção humana, mutável e coletiva, as influências do contexto político e econômico no desenvolvimento dos conhecimentos científicos, as relações pessoais que interferem diretamente na elaboração e aceitação de uma teoria, dentre outros aspectos. Também trouxeram reflexões de como e onde

utilizar esse texto histórico. Um dos discentes expressou que o texto poderia ser utilizado nas disciplinas de Química I e Química Inorgânica do curso de Ciências, destacando que a leitura do texto o ajudou a entender melhor a matéria estudada em outra disciplina.

Alguns licenciandos acharam o texto muito pesado para os estudantes do EM. Entretanto, um dos licenciandos apontou que usaria o texto no EM em sua futura prática. Eles também sugeriram formas do emprego do texto histórico, como, por exemplo: empregando um recorte, leitura coletiva, com revisão do conteúdo previamente trabalhado, dentre outras sugestões. Além desses aspectos, foram identificados conceitos científicos adequados e inadequados em relação ao episódio estudado em sala de aula, nas transcrições das falas, notas de campo e trabalhos produzidos pelos licenciandos. Também foi possível identificar aspectos positivos e negativos presentes no texto histórico.

Além desses dados, durante as três aulas foi possível identificar alguns aspectos formativos, como as dificuldades que os licenciandos tiveram em relação à proposta didática. Por exemplo: alguns estudantes relataram que tiveram pouco tempo para a elaboração dos planos de ensino, dentre outros aspectos. Todavia, também foram destacados pontos positivos, como a aula expositiva e o uso dos slides na primeira aula, quando estava sendo apresentado o conteúdo do episódio histórico. Além disso, os licenciandos elencaram benefícios sobre o emprego de vídeos distorcidos, tanto no ensino básico quanto na formação de professores. Os participantes da pesquisa apontaram benefícios em relação ao uso do roteiro de avaliação dos planos de ensino na avaliação pelos pares, aonde os próprios discentes avaliaram as propostas dos colegas na avaliação pelos pares. Nesta avaliação os discentes identificaram pontos positivos e lacunas existentes nos planos de ensino.

Nesses planos de ensino, no que lhe diz respeito, despontam aspectos formativos interessantes, mas também limitações de se trabalhar um tema tão complexo e dinâmico em poucas aulas. Por diversos motivos, alguns planos de ensino acabaram passando uma abordagem histórica inadequada, como a utilização da história apenas como a introdução. Apesar disso, houve planos produzidos pelos licenciandos bem fundamentados, empregando uma abordagem histórica adequada e o texto histórico indicado foi aproveitado como um recurso didático.

Perante dos resultados obtidos nesta pesquisa de mestrado, apresentamos como uma possibilidade de desenvolvimento de uma proposta formativa sobre a inserção da HC na formação inicial de professores de ciências. Os pilares formativos mobilizados foram: promover atividades didáticas que permitam ao professor conhecer, avaliar e utilizar materiais

historiográficos em perspectiva diacrônica e crítica; e promover a vivência da pluralidade de metodologias (recursos didáticos; abordagens educacionais), avaliando a consistência teórica entre elas e as visões de ciências que provocam.

Além do mais, as respostas dos licenciandos mostram que eles vieram com uma visão crítica. Isso pode ser resultado deles terem tido contato com a HC e a NDC em diversos momentos da Graduação em Ciências-Licenciatura.

Então, parece-nos razoável supor que tais objetivos podem ser melhor trabalhados em turmas que já tenham tido reflexões e estudos sobre objetivos anteriores, por exemplo, utilizar a HC para aprender conceitos de física, em disciplinas de física básica; saber reconhecer concepções de ciências e pseudo-história em textos históricos e materiais didáticos; dentre outras reflexões.

Encerrando este processo, cada etapa desta pesquisa proporcionou diversos aprendizados e reflexões. Buscamos desenvolver, implementar e analisar uma proposta formativa e destacar alguns resultados, de modo a poderem contribuir para pesquisas que visam a inserção da HC na formação inicial de professores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO-DÍAZ, J. A.; GARCÍA-CARMONA, A. Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 13, n. 1, p. 3-19, 2016.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. Alguns apontamentos sobre a Historiografia em história da Ciência. In: MARTINS, A. M. (Org.). **O tempo e o Cotidiano na história**. São Paulo: Fundação para o desenvolvimento da Educação, 1993. p. 79-87.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Orgs.). **Escrevendo a história da ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Livraria da Física; EDUC; FAPESP, 2004.

ALLCHIN, D. Pseudohistory and pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, p. 179-195, 2004.

ANDRADE, R. R. D.; NASCIMENTO, R. S.; GERMANO, M. G. Influências da física moderna na obra de Salvador Dalí. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 3, p. 400-423, dez. 2007.

ANDRÉ, M. A produção acadêmica sobre formação docente: um estudo comparativo das dissertações e teses dos anos 1990 e 2000. **Revista Brasileira de Pesquisa sobre Formação de Professores**, v. 1, p. 41-56, 2009.

_____. Formação de professores: a constituição de um campo de estudos. **Educação**, v. 33, n. 3, p. 174-181. 2010.

_____. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? **Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez. 2013.

ARAÚJO, W. S.; RODRIGUES, C. G. Comparação entre as ementas de um curso de mecânica quântica e física moderna. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, set. 2001.

ARTUSO, R.; HUSSEIN, F. R. G. S. Modelos atômicos no ensino médio: abordagem clássica ou quântica? *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, Número extraordinário, out. 2014. ISSN Impreso: 0121-3814, ISSN web: 2323-0126 Memorias, Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias.

AZEVEDO, N. H.; SCARPA, D. L. Revisão Sistemática de Trabalhos sobre Concepções de Natureza da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, mai./ago. 2017.

BAGDONAS, A.; ROZENTalski, E.; POLATI, F. Controversial aspects of the construct NOS in the Ibero-American Science Education journals: a literature review. In: IHPST 13TH BIENNIAL INTERNATIONAL CONFERENCE, 13, 2015, Rio de Janeiro. **Proceedings...**

BAGDONAS, A.; ZANETIC, J.; GURGEL, I. Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 242-260, jul./dez. 2014.

BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. Variações da história da ciência no ensino de ciências. In: **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC**, Belo Horizonte, 2008.

BARBOZA, R.; MARTORANO, S. A. A. O caso da vacina tríplice e o autismo: o que os erros nos ensinam sobre os aspectos da natureza da ciência. In: MOURA, B. A.; FORATO, T. C. M. (Orgs). **Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte**: Ensaios para a formação de professores. São Bernardo do Campo: Editora UFABC (EdUFABC), 2017, p. 53-70.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BARROS, L. G.; ASSIS, A.; LANGHI, R. Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1026-1046, dez. 2016.

BASSALO, J. A. Importância do estudo da história da ciência. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, n. 8, p. 57-66, jul./dez. 1992.

BASSO, A. C. **O átomo de Bohr no nível médio: uma análise sobre o referencial lakatosiano**. 198f. 2004. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica), Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2004.

BASSO, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. O átomo de Bohr em livros didáticos de física: interagindo com autores. In: **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Bauru, SP, 25 a 29 de nov. de 2003.

BELEI, R. A.; GIMENIZ-PASCHOAL, S. R.; NASCIMENTO, E. N.; MATSUMOTO, P. H. V. R. **O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa**. Cadernos de Educação, Pelotas p.187-199, janeiro/junho 2008.

BELTRÁN, M. V. U; FERNÁNDEZ, L. C. Estudio Histórico-Epistemológico del Modelo Atómico de Rutherford. In: **Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología**. Universidade Pedagógica Nacional. Bogotá, n. 14, 2003.

BIAZUS, M. O. Abordagem em tópicos de mecânica quântica no ensino médio partindo da aproximação com o cotidiano. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 3. 2016

BOHR, N. H. D. On the constitution of atoms and molecules: part. I. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 26, p. 1-25, jul. 1913a.

_____. On the constitution of atoms and molecules: part. II – systems containing only a single nucleus. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 26, p. 476-502, set. 1913b.

_____. On the constitution of atoms and molecules: part. III – systems containing several nuclei. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 26, p. 857-875, nov. 1913c.

BORGES, D. B. S. **A construção de uma abordagem histórica para o ensino de termodinâmica**: Sadi Carnot e o estudo da máquina térmica. 2016. 111f. Dissertação (Mestrado em Ensino, História e Filosofia das Ciências e da Matemática). Universidade Federal do ABC, Santo André, 2016.

BRASIL. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Ministério da Educação Conselho Nacional da Educação, Câmara de Educação Básica, Brasília, 2012.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ensino Médio (PCNEM). Ministério da Educação, Brasília, 1999.

_____. **Parâmetros curriculares Nacionais (PCNs)**. Introdução. Ensino Fundamental. Brasília: MEX/SEF, 1998.

_____. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2002.

_____. **Orientações curriculares para o ensino médio (Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias)**. Brasília: MEC/SEB, 2006.

BRENNAN, R. **Gigantes da Física: Uma História da Física Moderna através de Oito Biografias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1998. (Coleção Ciência e Cultura).

BRINCKMANN, C.; DELIZOICOV, N. C. Formação de professores de física e a história da ciência. IX Congresso Nacional de Educação – **EDUCERE**, III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia, 26 a 29 de out., 2009.

BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes no ensino médio**. 2005. 268f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Instituto de Física e Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CABRERA, P.; QUIRIGA, A.; NAIZAQUE, C. Imágenes del átomo: um producti del esfuerzo científico por comprender la estructura de la meteria. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED**. No. Extraordinario, 4º Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 2009.

CARDEIRA, F. A. **O uso do gás hidrogênio: dos aeróstatos aos ônibus da EMTU/SP e uma contribuição ao ensino de ciências**. 2016. 102 f. Monografia. Graduação em Ciências. Universidade Federal de São Paulo. Diadema, São Paulo, 2016.

CARDOSO, C. **Ensino de Física na Escola Básica: Abordando a História da Ciência no Brasil**. 2015. Monografia. Graduação em Ciências. Universidade Federal de São Paulo. Diadema, São Paulo, 2015.

CARDOSO, D.; NORONHA, A.; WATANABE, G.; GURGEL, I. Texto jornalístico sobre ciência: uma análise do discurso sobre a natureza da ciência. **Alexandria**, v. 8, n. 3, p. 229-251, nov., 2015.

CARDOSO, M. L. D. **A teoria para a progressão dos animais de Lamarck: uma abordagem sócio-histórica para a sala de aula**. 2014. Monografia. Graduação em Ciências. Universidade Federal de São Paulo. Diadema, São Paulo, 2014.

CARDOSO, M. L. D. **Fotossíntese no século XVIII**: uma abordagem histórico-investigativa de conceitos científicos e aspectos da natureza da ciência. 171f. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino e História das Ciências e Matemática). Universidade Federal do ABC. Santo André. São Paulo, 2018.

CARRIAZO, J. G.; MOLINA, M. F.; TEHERÁN, P. La ley periódica de Moseley: alcance conceptual y estrategia de enseñanza en el aula. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED**. Número extraordinario, Memorias, 3º Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 12 al 14 de oct. Bogotá, 2007.

CASTRO, D. L.; SILVA, T. I. Teoria atômica na concepção de alunos de turmas de 1º ano do ensino médio, através de avaliação da representação por desenhos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3. 2012

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica**: del saber sábio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Aspectos da natureza da ciência e do trabalho científico no período inicial de desenvolvimento da radioatividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, 2011.

_____. Valores, Métodos e Evidências: Objetividade e Racionalidade na Descoberta da Fissão Nuclear. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 235-262, mai. 2016.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução Luciana de Oliveira da Rocha, 2º ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CRUZ, L. S. **Abordando frações em perspectiva histórica: uma possibilidade de ensino para a educação básica**. 104f. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, História e Filosofia das Ciências e Matemática). Universidade Federal do ABC. Santo André, São Paulo, 2016.

DEKOSKY, R. K. Spectroscopy and the Elements in the Late Nineteenth Century: The Work of Sir William Crookes. **The British Journal for the History of Science**, v. 6, n. 4, p. 400-423, dez. 1973.

DELIZOICOV, D. Formação inicial do professor de Física. **Educação em Foco: Revista de Educação**, v. 5, n. 1, p. 73-84, mar./set. 2000.

DINGLE, H. A Hundred years of spectroscopy. **The British Journal for the History of Science**, v. 1, n. 3, p. 199-216, jun. 1963.

DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, 2012.

DUARTE, M. C. A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004.

EINSTEIN, A. Sobre a teoria quântica da radiação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 93-99, 2005. Tradução da versão inglesa do The Old. SANTOS, C. A. (Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil) traduziu a versão inglesa que apareceu em The Old.

EISBERG, R.; RESNICK, R. Física Quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas, Rio de Janeiro: Campus, 1988 (7º ed.).

ERICSON, F. Qualitative research methods for Science education. In: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G. (Orgs.), **International handbook of Science**. Education, Part One, Kluwer Academic Publishers, 1998.

FERREIRA, L. M.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma proposta textual frente a problemas referentes à história do átomo no ensino de química. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 261-276, jul./dez. 2014.

FERRY, A. S.; NAGEM, R. L. Analogia & contra-analogia: um estudo sobre a viabilidade da comparação entre o modelo atômico de Bohr e o sistema solar por meio de u, júri simulado. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 4, n. 3, p. 43-60, 2009.

FILGUEIRAS, C. A. A Espectroscopia e a Química: da Descoberta de Novos Elementos ao Limiar da Teoria Quântica. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 3, p. 22-25, 1996.

FILHO, J. B. B. Pode-se progredir com base em fundamentos inconsistentes? (O caso do átomo de Bohr). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, p. 312-335, dez. 2003.

FIOLHAIS, M.; RUIVO, M. C. O modelo atômico saturniano de Nagaoka. **Gazeta de Física**, v. 19, fasc. 1, 1996.

FORATO, T. C. M. **A Natureza da Ciência como saber escolar: Um estudo de caso a partir da História da Luz**. 2009. 220f. Volume 1. Tese (Doutorado em Educação – Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

_____. Preparação de professores para problematização da pseudohistória em materiais didáticos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. extra, p. 1316-1321, 2013.

FORATO, T. C. M. História e natureza das ciências: elementos implementados na formação de professores. In: BISPO, A.; MOURA, B (Orgs.) **Objetivos humanísticos, conteúdos científicos: contribuições da história e da filosofia da ciência para o ensino de ciências**. 1º ed. Campina Grande EduEPB, 2019, v. 1. 280p³⁹.

³⁹ A previsão de publicação do livro é setembro de 2019, contendo o capítulo da autora Forato.

FORATO, T. C. M.; BAGDONAS, A. Overcoming obstacles for the use of history of Science to teach Science and nature of Science. In: PIETROCOLA, M.; GURGEL, I. (Orgs.). **Crossing the Border of Traditional Science Curriculum: innovative teaching and learning in Science Basic Education**. 1 ed. Boston: Sense Publisher, v. 1, p. 181-206, 2017.

FORATO, T. C. M.; BAGDONAS, A.; TESTONI, L. A. Episódios históricos e natureza das ciências na formação de professores. **Enseñanza de las Ciencias – Digital**, v. extra, p. 3511-3516, 2017.

FORATO, T. C. M.; GUERRA, A.; BRAGA, M. História das Ciências e Ensino de Ciências: Historiadores das ciências e educadores: frutíferas parcerias para um ensino de ciências reflexivo e crítico. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 137-141. Jul./dez., 2014.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Org.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal/Rio Grande do Norte: EDUFRN, p. 123-154, 2012a.

_____. History and nature of Science in high school: building up parameters to guide educational materials and strategies. **Science & Education** (Dordrecht), v. 21, p. 657-682, 2012b.

FORATO, T. C. M.; MOURA, B. A. Introdução: História e epistemologia das ciências na formação de professores. In: MOURA, B. A.; FORATO, T. C. M. (Orgs.) **Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte: ensaios para a formação de professores**. São Bernardo – SP: EdUFABC, 2017.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1: p. 27-59, abr., 2011.

FORATO, Thaís C. M.; SILVA, J. A. Proposta formativa nas Práticas Pedagógicas de Física. In: Verilda S. Kluth. (Org.). **Prática docente e formação de professores: reflexões à luz do ensino de Ciências**. 1ed. São Paulo: Alameda, 2017, v. 1, p. 167-208. (ebook: <http://www.alamedaeditorial.com.br/todos-os-livros/pratica-docente-e-formacao-de-professores-reflexoes-a-luz-do-ensino-de-ciencias>. Acesso em 21/07/2019.

Gil-Pérez, D.; Fernández-Montoro, I.; Carrascosa-Alís, J.; Cachapuz, A.; Praia, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125–153, 2001.

GOMES, G. G.; PIETROCOLA, M. O experimento de Stern-Gerlach e o spin do elétron: um exemplo de quase-história. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 33, n. 2, 2011.

GOMES, T. G. **A história da radiatividade na escola básica: construção de uma proposta para uma abordagem interdisciplinar entre a química e a física**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. **Bohr e a interpretação quântica da natureza**. São Paulo: Atual, 2005.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 568-583, dez. 2010.

GUILGER, F. J. **História da alquimia no ensino: caminhos para aspectos da Natureza da Ciência**. 2016. Monografia. Graduação em Licenciatura em Ciências. Universidade Federal de São Paulo. Diadema, São Paulo, 2016.

GURGEL, I. Sobre a Importância da História das Ciências. **Jornal da USP**, São Paulo, 01 nov. 2017.

GURIDI, V.; ARRIASSECQ, I. Historia y Filosofía de las ciencias em la educación polimodal: propuesta para su incorporación al aula. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 307-316, 2004.

HEILBRON, J. L. J. J. Thomson and the Bohr atom. **Physics Today**, v. 30, n. 4, 1977.

_____. Rutherford-Bohr atom. **Am J. Phys**, v. 49, n. 3, p. 223-231, mar. 1981.

HEILBRON, J. L.; KUHN, T. **The genesis of the Bohr Atom**. Historical Studies in the Physical Sciences, v. 1, p. 211-290, 1969.

HOYER, U. Introduction. In: ROSENFELD, L.; HOYER, U. (Org). **Niels Bohr Collected Works**. v. 2. Work on Atomic Physics (1912–1917), 1981.

HÖTTECKE, D.; SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: An analysis of obstacles. **Science & Education**, v. 20, n. 3-4, p. 293-316, 2011.

JARDIM, W.; GUERRA, A. O artigo República das Letras, Academias e Sociedades Científicas no século XVIII: a garrafa de Leiden e a ciência no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, p. 774-797, 2017.

JENSEN, W. B. The origin of the Bunsen burner. **Journal of Chemical Education**, v. 82, n. 4, p. 518–519, 2005.

KRAGH, H. **An introduction to the historiography of Science**. Cambridge: Cambridge University Press, 1987.

KRAGH, H. Before Bohr: Theories of atomic structure 1850-1913. **RePoSS: Research Publications on Science Studies** 10. Aarhus: Centre for Science Studies, University of Aarhus. 2010.

_____. **Niels Bohr and the quantum atom: the Bohr model of atomic structure 1913-1925**. Oxford U. P., Oxford, UK, p. 416, 2012.

_____. Niels Bohr between physics and chemistry. **Physics Today**, v. 66, n. 5, p. 36-41, may. 2013a.

_____. The many faces of the Bohr atom. **History and Philosophy of Physics**, v. 1, set. 2013b.

KLEPPNER, S. Relendo Einstein sobre radiação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 87-91, 2004.

KOEHLER, C. B. G. Cambridge, o dinamismo e os modelões de Thomson e Maxwell. **Revista Brasileira de História da Ciência**, n. 13, p. 23-32, 1995.

LEAL, K. P. **História da ciência, religião e interculturalidade no ensino de física. Por que não?** 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

LEITE, D. O.; PRADO, R. J. Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, 2504, 2012.

LIMA, F. H. Um método de transcrições e análise de vídeos: a evolução de uma estratégia. In: VII Encontro Mineiro de Educação Matemática (VII EMEM), 2015, São João Del Rei. **Anais...** São João Del Rei: Universidade Federal de São João Del Rei, 2015, v. 7, p. 1-11. Disponível em <https://doi.org/10.5216/rpp.v19i42263>. Acesso em: 15 de mai. 2018.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica.** 185f. 2009. Tese (Doutorado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). São Paulo, 2009.

LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o ‘pudim de passas’ nos livros texto. In: **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**, Florianópolis, nov. 2007a.

_____. Uma lacuna na história dos modelos atômicos em livros didáticos: John William Nicholson e a astroquímica. In: **Atas do VI Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**, Florianópolis, nov. 2007b.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas.** São Paulo: EPU, 99 p, 1986.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 5º ed. – São Paulo: Atlas, 2003.

MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. A visão kuhniana da ciência e a descoberta do núcleo atômico. In: **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2004, Rio de Janeiro. Atas. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2005.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física.** v. 24, n. 1, p. 112-131, abr., 2007.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da história da ciência no ensino. *Boletim SBHC*, v. 9, p. 3-5, 1990.

_____. Como não escrever sobre história da física – um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, p. 113-129, 2001.

_____. Introdução. A história das ciências e seus usos na educação. Pp. xxi-xxxiv, in: SILVA, Cibelle Celestino (ed.). **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

_____. O que é a ciência do ponto de vista da epistemologia? *Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa*, v. 9, p. 5-20, 1999.

_____. Seria possível uma história da ciência totalmente neutra, sem qualquer aspecto whig? **Boletim da História e Filosofia da Biologia**, v. 4, n. 3, p. 4-7, set. 2010. Versão online disponível em: <<http://www.abfnib.org/Boletim/Boletim-HFB-04-n3-Set-2009.pdf>> Acesso em 09/01/2018.

MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. A história e a filosofia da química no ensino de química: uma proposta para o ensino de cinética química. In: SANTANA, E. M.; LOPES, E. S. (Orgs). **Tópicos em Ensino de Química**. 1. ed. São Carlos: Pedro & João Editores, 2014. p. 89-138.

MARTORANO, S. A. A. **A transposição progressiva dos modelos de ensino sobre cinética química a partir do desenvolvimento histórico do tema**. 360f. 2012. Tese (Doutorado em Ensino de Química) – Instituto de Química, Instituto de Física, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2012.

MARTORANO, S. A. A.; FORATO, T. C. M. Análise de uma abordagem histórica do tema cinética química para a formação continuada de professores. In: CORRÊA, T. H. B.; PÉRES, L. F. M. (Orgs.). **O Ensino de Química em Diálogo**. La enseñanza de la química em diálogo. 1 ed. Curitiba: CRV, v. 1, p. 91-116, 2015.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez.1995.

McCORMMACH, R. The atomic theory of John William Nicholson. **Archive for History of Exact Science**, v. 3, p. 161-184, 1966.

MEDEIROS, A.; BEZERRA FILHO, S. A natureza da ciência e a instrumentação para o ensino de física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; FILHO, J. B. B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3. p. 557-580, 2009.

MONTENEGRO, R. L.; JÚNIOR, O. P. Interpretações da teoria quântica e as concepções dos alunos do curso de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 2, p. 107-126, 2002.

MORAIS, A.; GUERRA, A. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, 2013.

MOREIRA, M. A.; MASSONI, N. T.; OSTERMANN, F. “História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 127-134, 2007.

MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. **Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos**. 2ª edição revisada, Porto Alegre, Brasil, 2016.

MOURA, B. A. **Formação crítico-transformadora de professores de Física: uma proposta a partir da História da Ciência**. 309f. 2012. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

_____. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, p. 32-46, 2014.

MOURA, C. B. **Discutindo a natureza da ciência no ensino médio: um caminho a partir do desenvolvimento dos modelos atômicos**. 223f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET, Rio de Janeiro, 2014.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. Conflitos em abordagens históricas para temas consolidados na ciência escolar: um estudo de caso sobre os modelos atômicos. **Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología**, v. extra, p. 797-803, 2016a.

_____. História Cultural da Ciência: um caminho possível para a discussão sobre as práticas científicas no ensino de ciências? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC)**, v. 16, n. 3, p. 725-748, dez. 2016b.

_____. Modelos atômicos em livros didáticos de química do PNLEM 2012: uma análise qualitativa à luz da história e filosofia da ciência. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Águas de Lindóia, SP, 10 a 14 de nov. 2013.

_____. Reflexões sobre o processo de construção da ciência na disciplina de química: um estudo de caso a partir da história dos modelos atômicos. **Revista Electrónica de Investigación en educación en ciencias**, v. 11, n. 2, p. 64-77, dez. 2016c.

NETO, R. A. C.; JÚNIOR, O. F.; SILVA, J. L. P. B. Improving students’ meaningful learning on the predictive nature of quantum mechanics. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 65-81, 2009.

NEWTON, I. **Mathematical principles of natural philosophy**. Optics. Trad. A. Motte. 2.ed. Chicago, Encyclopaedia Britannica, 1952. (Col. Great Books of Western World, v. 34).

NIAZ, M. Formación de profesores de ciencias: uma perspectiva basada em la Historia y Filosofía de la Ciencia. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 30, p. 83-90, 2012.

NICHOLSON, J. W. A structural theory of the chemical elements. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 22, p. 864-889, dez. 1911.

_____. The Constitution of Nebulae. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v.74, n.6, pp. 486-506, abr. 1914a.

_____. The spectra of hydrogen and helium. **Royal Astronomical Society**, p. 425-442, mar. 1914b.

OLIVEIRA, D. Análise de conteúdo temático-categorial: uma proposta de sistematização. **Rev. enferm. UERJ**, Rio de Janeiro, out/dez; v.16, n.4, p. 569-76, 2008.

OLIVERA, W. C.; DRUMMOND, J. M. H. F. Refletindo sobre desafios à inserção didática da História e Filosofia da Ciência em oficina de formação docente. **Alexandria (UFSC)**, v. 8, p. 151-179, 2015.

OLLAIK, L. G.; ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.38, n.1, 229-241, 2012.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da Formação Inicial de Professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.18, n.2, p. 135-151, ago. 2001.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Investigando a aprendizagem de professores de física acerca do fenômeno da interferência quântica. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 35-54, 2008.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F.; TORT, A. C. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

_____. 100 anos do átomo de Bohr. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, 2013.

PAULO, I. J. C.; MOREIRA, M. A. O problema da linguagem e o ensino da mecânica quântica no nível médio. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 2, p. 421-434, 2011.

PEDUZZI, L. O. Q. Física e Filosofia: uma aproximação através de um texto na disciplina estrutura da matéria. Atas do **I Encuentro Iberoamericano de Investigación en Educación en Ciencias**, Burgos, Espanha, set. 2002.

_____. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. 2015. 214 p. Departamento de Física (Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC). Disponível em: Acesso em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/20936837/do-atomo-grego-ao-atomo-de-bohr>. Acesso em: 21 de maio de 2017.

PEDUZZI, L. O. Q. Do átomo grego ao átomo de Bohr: o perfil de um texto para a disciplina Evolução dos Conceitos da Física. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, 2004, Jaboticatubas-MG. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, 2004.

PEDUZZI, L. O. Q.; BASSO, A. C. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 545-557, 2005.

PENNA, M. **A investigação da estrutura da matéria no início do século XX: Niels Bohr e a busca de explicações para a estabilidade do átomo**. 63f. 2009. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica (PUC-SP), São Paulo, 2009.

PEREIRA, A. K. S.; FORATO, T. C. M. Uma proposta para o ensino contextualizado de Hidrostática. In: XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2014, São Sebastião. **Anais do XV EPEF**. São Paulo: SBF, 2014. v. online. p. 1-8.

PEREIRA, J. S. A.; MARTINS, A. F. A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura em física e em química da UFRN: uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 234, 2011.

PESTRE, D. Por uma nova história social e cultural das ciências: novas definições, novos objetivos, novas abordagens. **Caderno IG/UNICAMP**, v. 6, n. 1, p. 3-56, 1996.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R. ROMERO, T. R. **Coleção Física – Conceitos e Contextos: Pessoal, Social Histórico** – Volume 2. Editora FTD, 1º Ed. 2013.

PIMENTA, S. G.; GHEDIN, E. (Orgs.) **Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito**. 7ª edição. São Paulo: Cortez, 2012.

PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. **Estágio e docência**. 8ª edição revista, atualizada e ampliada. São Paulo: Cortez, 2017. (Docência em Formação – Saberes Pedagógicos).

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 1, p. 7-34, abr. 1999.

PIROLO, M. **A contribuição de Robert Wilhelm Bunsen e Gustav Robert Kirchhoff para a espectroscopia do século XIX**. 2010. 97f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica (PUC-SP), São Paulo, 2010.

PLEITEZ, V. Resenha de Livro – Bohr: O arquiteto do átomo, por M. C. Abdalla, Odysseus, São Paulo, 2003. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, jun. 2003.

PORTO, C; S. **Enfrentando obstáculos e promovendo rupturas na inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio**. 2011. 111f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, 2011.

PORTO, P. **História e Filosofia da Ciência no Ensino de Química: Em busca de objetivos educacionais da atualidade**. SANTOS, W. L. P.; WALDANER, O. A. (Orgs.) Ensino de química em foco. Ijuí: Editora Unijuí, p. 159-173, 2010.

POWELL, A.; FRANCISCO, J.; MAHER, C. Uma abordagem à Análise de Dados de Vídeo para investigar o desenvolvimento de ideias e raciocínios matemáticos de estudantes. Tradução de Antônio Olímpio Junior. **Boletim de Educação Matemática - BOLEMA**. Rio Claro, n. 21, 2004.

RAMÍREZ, J. E. M.; BADILLO, R. G.; MIRANDA, R. P. El modelo semicuántico de Bohr em los libros de texto. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 3, p. 611-629, 2010.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciência, Saúde – Manguinhos**, v. 13, (suplemento), p. 71-87, out. 2006.

REIS, J. M. C.; KIOURANIS, N. M. M.; SILVEIRA, M. Um Olhar para o Conceito de Átomo: Contribuições da Epistemologia de Bachelard. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 3-26, mai. 2017.

ROMERO, M. **A nova história da ciência**: entrevista com Dominique Pestre. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 3, jul./set. 2016, p. 899-905.

ROSCOE, H. E.; SCHUSTER, A. **Spectrum Analysis: Six Lectures**. Macmillan – The Society of Apothecaries of London, 1885.

ROSENFELD, L.; NIELSEN, J. R. (Orgs.). **Niels Bohr collected works**. V. 1 – Early Work, Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1972.

ROSENFELD, L.; HOYER, U. (Orgs.). **Niels Bohr Collected Works**. – V. 2 – Work on Atomic Physics (1912–1917), 1981.

ROZENTALSKI, E. F. **Indo além da Natureza da Ciência: o filosofar sobre a Química por meio da ética química**. 2018. 432f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) – Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

RUTHERFORD, E. The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 21, 1911.

SANTANA, E. F. Um estudo sobre o subprojeto PIBID UNIFESP: A história da ciência no ensino de química por meio de sequências de aprendizagem temática. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2019.

SANTOS, M. E. Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI co-construção do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. **Atas do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Valinhos, São Paulo, 1999.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas tecnologias**/Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini, coordenação da área, Luis Carlos Menezes, 1º ed., São Paulo: SE. 2011, 152 p.

SCHMIDT, D. H. **Erwin Schrödinger: a compreensão do mundo infinitesimal através de uma realidade ondulatória**. 118f. 2008. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2008.

SCHMIEDECKE, W. G. **A história da ciência nacional na formação e na prática de professores de física**. 248f. 2016. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SCHMIEDECKE, W. G.; NETO, K. T. Licenciandos em Física e a História e Filosofia da Ciência enquanto abordagem didático-pedagógica. In: **Atas do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**, 26-30 jan. 2015.

SCHMIEDECKE, W. G.; PORTO, P. A. Uma abordagem da história da energia nuclear para a formação de professores de física. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 232-241, 2014.

_____. Uma bomba em verso, prosa e canção: história, arte e tecnologia nas aulas de física. In: MOURA, B. A.; FORATO, T. C. M. (Orgs.) **Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte: Ensaio para a formação de professores**. São Bernardo do Campo: Editora UFABC (EdUFABC), 2017.

SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

SILVA, C. C.; MOURA, B. A. A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, 2008.

Silva, G. S.; Braibante, M. E. F.; Braibante, H. T. S.; Pazinato, M. S.; Trevisan, M. C. Oficina temática: uma proposta metodológica para o ensino de modelo atômico de Bohr. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 2, p. 481-495, 2014.

SILVA, H. R. A. **Física moderna no ensino médio: a espectroscopia na gênese das modernas concepções de física e áreas afins**. 223f. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2013.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de química e física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 378-406, ago. 2015.

SILVA, L. L.; TERRAZZAN, E. A. Correspondências estabelecidas e diferenças identificadas em atividades didáticas baseadas em analogias para o ensino de modelos atômicos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 2, p. 21-37, 2008.

SILVA, O. H. M.; NARDI, R.; LABURÚ, C. E. Uma estratégia de ensino inspirada em Lakatos com instrução de racionalidade por uma reconstrução racional didática. **Ensaio**, v. 10, n. 1, jun. 2008.

SILVA, R. S.; SILVA, A. P. B. Posicionamento dos alunos diante a inserção da história da ciência na sala de aula: entre o ler e o fazer. In: Anais Eletrônicos do **14º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia** – 14º SNHCT. Belo Horizonte, 8 a 11 out. 2014.

SILVEIRA, F. L.; PEDUZZI, L. O. Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 26-52, abr. 2006.

SOUZA, V. C. A.; JUSTI, R. S.; FERREIRA, P. F. M. Analogias utilizadas no ensino de modelos atômicos de Thomson e Bohr: uma análise crítica sobre o que os alunos pensam a partir delas. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, p. 7-28, 2006.

TENFEN, D. N.; TENFEN, W. O modelo de Bohr e as suas limitações na interpretação do espectro do átomo de hélio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 217-235, abr. 2017.

THOMSON, J. J. **Electricity and matter**. Charles Scribner's sons, New York, Inglês (EUA), 1904a.

_____. On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure , **Philosophical Magazine Series 6**, v. 7, n. 39, p. 237-265, 1904b.

_____. **Recollections and reflections**. New York: Macmillan, 1937.

TRINDADE, J.; FIOLHAIS, C.; GIL, V. Atomic orbitals and their representation: Can 3-D computer graphics help conceptual understanding? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 319-325, 2005.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.

VASCONCELOS, S. S.; FORATO, T. C. M. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, p. 851-887, dez. 2018.

VIANA, H. E. B.; TESTONI, L. A. História da ciência e ensino socioculturalmente contextualizado: o que pensam os futuros professores de Ciências? **Revista de Ciências da Educação**, v. 36, p. 119-137, 2017.

VITAL, A.; GUERRA, A. Textos para ensinar física: princípios historiográficos observados na inserção da história da ciência no ensino. **Ciência & Educação**, v. 22, p. 351-370, 2016.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education. **Physics Education** 14, 108 – 112 (Part I), 239 – 242 (Part II), 1979.

ZANETIC, J. Física e arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1 (49), jan./abr., p. 39-57, 2006.

_____. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 3, p. 21-4, 2005.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezada (o) participante

Eu, Stephanie Siqueira Vasconcelos, sou pós-graduando na Universidade Federal de São Paulo – *campus* Diadema. Estou realizando um trabalho de mestrado: “Aspectos das contribuições de Niels Bohr para a história da espectroscopia: uma abordagem para a Formação Inicial de Professores” sob orientação da Profa. Dra. Thais Cyrino de Mello Forato.

Essas informações estão sendo fornecidas para que você permita a sua participação voluntária na pesquisa acima referida, autorizando sua participação com pleno conhecimento da natureza dos procedimentos a que ela (e) será submetida (a).

- 1) Natureza da pesquisa: Esta pesquisa tem como finalidade complementar a formação de licenciandos de ciências, favorecendo a contextualização de aspectos da Natureza da Ciência, para que desenvolvam uma compreensão mais consistente e crítica do processo de produção do conhecimento científico. Por meio de um curso de extensão universitária, utilizando um episódio da história da espectroscopia, especificadamente sobre as contribuições de Niels Bohr.
- 2) Participação da pesquisa: Cerca de vinte (20) estudantes de graduação da Universidade Federal de São Paulo – *campus* Diadema, do curso de Licenciatura em Ciências.
- 3) Envolvimento na pesquisa: Ao participar deste estudo você contribuirá nos ajudando a avaliar as metodologias didáticas propostas, por meio de entrevistas, dados escritos e gravação em vídeo do curso de extensão universitária. Você tem liberdade de se recusar a participar e ainda de se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para você. Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do coordenador do projeto. O Comitê de Ética poderá ser procurado em caso de dúvidas quanto à ética do projeto.
- 4) Sobre as coletas e entrevistas: Os dados serão coletados durante o curso de extensão, que serão gravadas em vídeo e cuja transcrição utilizará um código (pseudônimo) para cada participante. Imagens das aulas poderão ser eventualmente utilizadas nos resultados da pesquisa apresentados em eventos científicos, conforme é comum na área educacional. Dados serão colhidos também em entrevistas após a realização do curso, questionários, trabalhos escritos ou em apresentações e debates realizados durante o curso. A realização da entrevista será efetuada na universidade, a convite do pesquisador.
- 5) Riscos e desconforto: Existem riscos mínimos, pois há a possibilidade de quebra de sigilo das informações ou o desconforto emocional em participar de atividades em que o participante poderá se expor.
- 6) Confidencialidade: Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Os dados da (o) voluntária (o) serão identificados com um código (pseudônimo), e não com o nome. Apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando assim sua privacidade.
- 7) Benefícios: Ao participar desta pesquisa você não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo contribua com a sua formação docente.
- 8) Pagamento: Você não terá nenhum tipo de despesa ao autorizar sua participação nesta pesquisa, bem como nada será pago pela participação.
- 9) Liberdade de recusar ou retirar o consentimento: Você tem a liberdade de retirar seu consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo sem penalizastes.

- 10) Disponibilização dos resultados e dúvidas: Os resultados estarão à sua disposição quando finalizada a pesquisa. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de cinco (5) anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma via será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você. Em qualquer etapa do estudo, o Sr. terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas ou sobre o andamento e resultados finais da pesquisa. A principal investigadora deste estudo é a aluna de pós-graduação Stephanie Siqueira Vasconcelos que pode ser contatada pelo e-mail: fani.siqueira.vasconcelos@gmail.com ou no endereço institucional da Universidade Federal de São Paulo – *campus* Diadema, localizado na Rua São Nicolau, nº 210 – Centro – CEP: 09913-030 – Diadema/SP ou pelo telefone: +55 (11) 4044-0500. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Federal de São Paulo, localizado na Rua Botucatu, 572 - 1º andar - conjunto 14, São Paulo/SP ou pelo telefone: (11) 5571-1062; FAX: 5539-7162 - e-mail: cepunifesp@unifesp.br.

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para permitir sua participação nesta pesquisa. Portanto, preencha os itens que seguem:

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, RG _____ após a leitura e compreensão destas informações, entendo que minha participação é voluntária, e que poderei sair a qualquer momento do estudo, sem prejuízo algum, Autorizo o uso de imagens, dados escritos e áudios transcritos. Confirmo que recebi uma via deste termo de consentimento, o qual está sendo disponibilizado em duas vias, e, autorizo a execução do trabalho de pesquisa e divulgação dos dados obtidos neste estudo.

Observação: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

Diadema, SP, ____/____/____

Nome do voluntário: _____

Assinatura do voluntário: _____

Nome da pós-graduanda: _____

Assinatura da pós-graduanda: _____

Nome da orientadora: _____

Assinatura da orientadora: _____

APÊNDICE B – Questionário sobre o documentário “O átomo: Choque de Titãs” (*BBC Four*, 2015).

Roteiro sobre o documentário “O átomo: Choque de Titãs”

Mídia proposta: Documentário: O Átomo – episódio 1: Choque de Titãs

Apresentação: Jim Al-Khalili

Produção: BBC Four

Antes da próxima aula, veja o documentário da *BBC Four*: “O átomo – episódio 1: Choque de Titãs”, apresentado pelo professor de física, autor e locutor, nascido em Bagdá (Iraque) e naturalizado britânico, Jim Al-Khalili (nascido em 20 de setembro de 1962), disponível nos links:

<http://www.dailymotion.com/video/x2du4cy4> >, <<http://www.dailymotion.com/video/x3vmjmb>>. E responda as seguintes questões para serem

entregues na aula do dia 03/05:

- Quais aspectos da natureza das ciências podem ser identificados no vídeo? Justifique sua resposta.
- Qual é a visão de ciência transmitida pelo vídeo? Justifique sua resposta.
- Você considera que há aspectos positivos e negativos presentes no vídeo? Comente quais seriam.
- Você considera esse vídeo adequado para os alunos do ensino médio? Justifique sua resposta.
- Quais conteúdos conceituais de física e química podem ser abordados com o uso do vídeo “Átomo – Choque de Titãs”?

Para auxiliar na identificação dos aspectos da natureza das ciências presentes no documentário, leia o texto a seguir:

- MOURA, B. A. O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, v. 7, p. 32-46, 2014.

APÊNDICE C – Tiras da atividade “Tem fundamento ou não?”

Era difícil imaginar dois temperamentos mais diferentes do que os de Niels Bohr e Ernest Rutherford, contudo, no primeiro contato, iniciou-se uma amizade que durou ao longo de suas vidas.

[1 – SIM] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- Segundo Rosenfeld (1972), apesar dos dois terem personalidades diferentes, no primeiro contato, iniciou-se uma amizade que durou ao longo de suas vidas;
- No final de 1911, Bohr conheceu Rutherford, que estava retornando do Conselho Solvay sobre teoria quântica. Pouco depois, Bohr saiu de Cambridge e foi para Manchester, para trabalhar com Rutherford (HOYER, 1981; HEILBRON, KUHN, 1969);
- Bohr desenvolveu seu estudo muito próximo de Rutherford, que acompanhava pessoalmente os trabalhos de seus estudantes e assistentes (LOPES, 2009).

Em Manchester, Ernest Rutherford, em conjunto com seus assistentes Hans Geiger e Ernest Marsden, desenvolveu uma série de experimentos, sobre o comportamento e o espalhamento das partículas alfa quando atravessavam a matéria.

[2 – SIM] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- Em conjunto com o alemão Hans Geiger (1882-1945), eles procuraram desenvolver novos métodos que possibilitassem a contagem das partículas alfa (LOPES, 2009);
- O aperfeiçoamento dos métodos de contagem de partículas permitiu que Geiger e Ernest Marsden (1889-1970) desenvolvessem experimentos entre os anos 1908 e 1910 sobre o comportamento e o espalhamento das partículas alfa (LOPES, 2009);
- Em um artigo publicado em 1910, Geiger apresentou alguns resultados obtidos com os experimentos de espalhamento de partícula α :

O ouro pareceu ser a substância mais adequada para essas medições comparativas, uma vez que podem ser obtidas lâminas muito finas e uniformes, e, além disso, seu poder de dispersão é maior do que o de qualquer outro material disponível (GEIGER, 1910, p. 497).

Ernest Rutherford descreveu o átomo como um sistema solar em miniatura, onde os elétrons seriam pequenas partículas de eletricidade negativa, a orbitar um pequeno objeto positivamente carregado chamado núcleo.

[3 – NÃO] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- Esse modelo apresenta o átomo como um sistema solar em miniatura, com distribuição esférica uniforme girando em órbitas circulares ao redor do centro com carga elétrica oposta (BASSO; PEDUZZI, 2003);
- No artigo da “*Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society*” de 1911, denominado “*The scattering of α and β rays by matter and the structure of the atom*”, o átomo proposto nesse momento consistia em “uma carga central concentrada em um ponto e rodeada por uma distribuição esférica uniforme de carga elétrica oposta, de mesmos valores” (RUTHERFORD, 1911, p. 18). Ou seja, ele não define se a partícula central ser positiva ou negativa, assim como as partículas que giravam em torno do centro do átomo, ele apenas colocou que as cargas teriam sinais opostos, portanto, esse fato é bem diferente do que é apresentado em muitos textos que relatam esse modelo (LOPES, 2009).

Apesar dos bons resultados em explicar os pequenos e grandes ângulos de deflexões das partículas alfa, o modelo de Ernest Rutherford, apresentou dificuldades quanto à estabilidade dos elétrons, tendo em vista a eletrodinâmica clássica.

[4 – SIM] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- O modelo de Rutherford, assim como o modelo saturniano de Nagaoka, também apresentou dificuldades quanto à estabilidade dos elétrons, tendo em vista a eletrodinâmica clássica (BASSO; PEDUZZI, 2003);
- Tendo em vista a eletrodinâmica clássica, para permanecer em órbita, todo corpo em movimento circular realiza um movimento acelerado, porque a direção da velocidade está sempre variando com o tempo (SILVA, 2013). E, como toda carga elétrica acelerada emite (perde) energia continuamente, irradiando-a na forma de luz, o elétron em movimento ao redor do núcleo perderia energia e acabaria por “cair” no centro do átomo. Essa conjectura é hoje conhecida como “colapso do núcleo”.

Depois de concluir seu doutorado em Copenhague, em 1911, Bohr decidiu dar continuidade aos seus estudos na Inglaterra, primeiramente na Universidade de Cambridge e, posteriormente, na Universidade de Manchester, para trabalhar com Ernest Rutherford.

[5 – SIM] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- Depois de terminar seus estudos em Copenhague, Niels Bohr tinha duas alternativas, para continuar sua vida acadêmica: em Leiden com Lorentz ou Cambridge com J. J. Thomson (ROSENFELD, 1972);
- Após uma estadia de três meses no Laboratório Cavendish, em Cambridge, Bohr se mudou para Manchester para trabalhar com Rutherford (HOYER; 1981);
- Em 18 de janeiro de 1912, Niels escreveu para Rutherford, comentando sobre sua mudança para o laboratório de Manchester:

Agora arrumei meus projetos para ficar aqui na Inglaterra e conversei com o Prof. Thomson sobre eles. Tenho a intenção de ficar aqui em Cambridge neste período e fazer algum trabalho teórico, e depois disso, se isso lhe convier, eu ficaria muito feliz em chegar a Manchester no final de março e trabalhar em seu laboratório. Estou ansioso para isso com o maior prazer (HOYER, 1981, p. 3 *apud* BOHR, 1912, tradução livre).

- Bohr foi para Manchester para realizar um curso de radioatividade no laboratório de Rutherford (HOYER, 1981). Esse era um curso padrão de seis semanas para iniciantes em radioatividade sobre essa técnica experimental (HEILBRON, 1977).

Niels Bohr aprendeu inglês sozinho, ao ler o livro *“The Pickwick Papers”* (1836) de Charles Dickens, vezes sem conta.

[6 – NÃO] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- Heilbron e Kuhn (1969) acreditavam que parte do problema de Bohr em se comunicar com Thomson deve ter sido, como Bohr sempre acreditava, por ele não ter o domínio do inglês. Portanto, havia um problema linguístico;
- Bohr: *“Considerava Cambridge o centro da física, e Thomson, o mais maravilhoso dos homens. Fiquei desapontado ao perceber que ele não estava interessado em saber se havia erros em seus cálculos. A falta também foi minha. Não tinha grande conhecimento do inglês e, portanto, não soube me expressar adequadamente”* (ABDALLA, 2006, p. 31);
- Rutherford escreveu que ficaria feliz em publicar o artigo de Bohr, quando este fosse um pouco reduzido e que ele faria as correções do inglês caso fosse necessário (HOYER, 1981).

O intuito de Niels Bohr ao se mudar para a Universidade de Manchester (Inglaterra) em 1912 era trabalhar com Ernest Rutherford e solucionar o problema da instabilidade do modelo atômico que foi proposto por Rutherford, em 1911.

[7 – NÃO] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- É importante destacar que Bohr, originalmente não tinha interesse no estudo sobre a estrutura atômica, até a sua estadia em Manchester, onde ele trabalhou com Rutherford, em 1912;
- Bohr foi para Manchester para realizar um curso de radioatividade no laboratório de Rutherford (HOYER, 1981);
- Esse era um curso padrão de seis semanas para iniciantes em radioatividade sobre essa técnica experimental (HEILBRON, 1977);
- O interesse pelo modelo de Rutherford pode ter chamado à atenção de Bohr, quando ele descobriu um erro nos cálculos feitos pelo físico-matemático Charles Galton Darwin (1887-1962), um dos estudantes do grupo de Rutherford, sobre a absorção de partículas alfa, durante o seu tempo em Manchester, em 1911 (HEILBRON, 1981).

Niels Bohr em seu modelo atômico publicado na *Philosophical Magazine*, em 1913, teve a percepção que os espectros dos elementos químicos poderiam fornecer informações sobre a estrutura interna do átomo. Seu objetivo era calcular as linhas do espectro luminoso emitido pelo hidrogênio e pelos outros elementos.

[8 – NÃO] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- Na própria trilogia de Bohr, no primeiro artigo, ele cita os trabalhos de Nicholson sobre os espectros da coroa solar e nebulosas planetárias (BOHR, 1913a);
- Isso também pode ser notado por meio das correspondências de Bohr, no tempo em que ele ficou na Inglaterra. No final de 1912, Bohr, em um cartão de natal enviado ao seu irmão Harald:

P.S.: Embora não seja apropriado para um cartão de Natal, um de nós [Bohr e esposa assinam o cartão] gostaria de dizer que a teoria de Nicholson seja incompatível com a sua própria. Porque os últimos cálculos deveriam ser válidos para o estado final ou clássico dos átomos, enquanto Nicholson parece estar preocupado com átomos enquanto eles irradiam, isto é, enquanto os elétrons estão prestes a perder sua energia, antes de eles ocuparem suas posições finais. A emissão deve ocorrer, então, intermitentemente (há razões que parecem indicar isso), e Nicholson deveria considerar os átomos enquanto ainda contém energia tão grande que eles emitem luz no espectro visível. Depois, luz é emitida no ultravioleta até que toda energia que pode ser emitida seja perdida. (HOYER, 1981, p. 108 *apud* BOHR, 1912, tradução livre).

- Já em outra carta, enviada agora a Rutherford em 31 de janeiro de 1913, também podemos observar isso:

Agora, esta muito clara para mim, sobre os fundamentos de minhas considerações, e eu também acho melhor compreender a relação e a diferença entre meus cálculos e os cálculos de Nicholson publicados em artigos recentes sobre os espectros das nebulosas estelares e a coroa solar. [...] Em seus cálculos, Nicholson trata, como eu, de sistemas com a mesma constituição que seu modelo atômico; ao determinar as dimensões e a energia desses sistemas, ele, como eu, procura uma base na energia e a frequência sugerida pela teoria da radiação de Planck. No entanto, o estado do sistema considerado nos meus cálculos é, contudo, caracterizado como aquele em que os sistemas possuem a menor quantidade de energia possível, ou seja, aquela cuja formação é irradiada em maior quantidade de energia possível é irradiada (HOYER, 1981, p. 108-109 *apud* BOHR, 1913, tradução livre).

- Portanto, os trabalhos de Nicholson parecem ter sido fundamentais na construção da base empírica que Bohr procurava, uma vez que o primeiro artigo da trilogia ele enfatizou os estudos da espectroscopia: Bohr citou, no seu primeiro artigo de 1913, os 5 trabalhos de Nicholson publicados em 1912/ O nome de Nicholson é mencionado 12 vezes no texto do primeiro artigo de Bohr;
- Além disso, nessa época, Bohr também conversava com seu colega dinamarquês Hans Marius Hansen (1886-1956) que trabalhava na época com espectroscopia, Bohr incluiu a fórmula de Balmer em seus estudos (HOYER, 1981);

- Bohr comenta com seu assistente Leon Rosenfeld (1904-1974) anos mais tarde, sobre a importância dos trabalhos de Balmer em sua *teoria* “Assim que vi a fórmula de Balmer, tudo se tornou inteiramente claro para mim” (HOYER, 1981, p. 110).

Segunda afirmação:

- A inclusão do espectro de linhas do hidrogênio, e consequentemente a fórmula de Balmer, parece que Bohr incluiu de última hora, pois estas questões não aparecem em anotações anteriores dele (LOPES, 2009);
- Até 1912, conforme o manuscrito enviado por ele a Rutherford, Bohr já havia elaborado a sua teoria, baseando-se no modelo atômico de Rutherford e a quantização da energia de Planck (ROSENFELD, 1981);
- Em 31 janeiro de 1913, três meses antes da publicação da trilogia, Bohr escreveu a Rutherford falando sobre o seu modelo atômico, deixando claro que até aquele momento ele não relaciona o seu modelo com os estudos das linhas espectrais, “*Eu não lido com a questão do cálculo das frequências correspondentes as linhas no espectro visível*” (KRAGH, 2012, p. 56);

No modelo atômico de Niels Bohr de 1913, os elétrons ocupavam órbitas quantizadas, definidas por um nível de energia específico e não existiam órbitas intermediárias. Ou seja, para mudar de órbita (nível de energia), o elétron precisaria ganhar ou perder um valor fixo de energia, que era a diferença entre esses dois níveis, essas mudanças de níveis foram denominadas saltos quânticos por Bohr.

[9 – NÃO] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- Na trilogia “*On the Constitution of Atoms and Molecules*” de 1913, Niels Bohr não faz menção ao termo “salto quântico”:
 1. Que a energia não é emitida (ou absorvida) da maneira contínua adotada na eletrodinâmica comum, mas somente durante a passagem dos sistemas de um estado “estacionário” para outro diferente;
 2. Que o equilíbrio dinâmico dos sistemas nos estados estacionários é governado pelas leis ordinárias da mecânica, enquanto estas leis não são válidas nas transições dos sistemas entre diferentes estados estacionários;
 3. Que é homogênea a radiação emitida durante a transição de um estado estacionário para outro, e que a relação entre a frequência ν e a quantidade total de energia emitida é dada por $E = h\nu$, sendo h a constante de Planck (BOHR, 1913c, p.874-875).
- As mudanças de níveis de um estado estacionário para outro, passaram a caracterizar o que hoje chamamos de salto quântico, já que o elétron não ocupa posições intermediárias entre os dois níveis consecutivos (GUERRA; BRAGA; REIS, 2005);
- Sentença anacrônica (*anacronismo*: erro de cronologia, que consiste em atribuir a uma época ou a um personagem ideias e sentimentos que são de outra época, ou em representar, nas obras de arte, costumes e objetos de uma época a que não pertencem).

Niels Bohr, em sua teoria, explicou as linhas espectrais do espectro luminoso emitido pelo hidrogênio.

[10 – SIM] Versão da história elaborada por vários historiadores da ciência

- Em Copenhagen, provavelmente foi ajudado por seu irmão Harald Bohr, Niels explicou os cálculos das linhas espectrais (MARTINS, 2013);
- A partir do modelo de Bohr, foi possível representar as linhas principais do espectro visível do hidrogênio e, também, Bohr transformou a constante empírica de Rydberg, em uma constante com uma base física (KRAGH, 2012);
- Uma das limitações presente nessa teoria era que esta não representava muitas linhas espectrais na série de Balmer (as chamadas linhas de estrutura fina) (KRAGH, 2012);
- Além do mais, essa teoria também não obteve bons resultados ao explicar os átomos de mais de um elétron, como o caso do átomo de hélio (LOPES, 2009).

Referências da atividade “Tem fundamento ou não?”

ABDALLA, M. C. **Bohr o arquiteto do átomo**. 2º ed. São Paulo: Odysseus Editora, 2006.

BASSO, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. O átomo de Bohr em livros didáticos de física: interagindo com autores. In: **Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Bauru, SP, 25 a 29 de nov. de 2003.

BOHR, N. H. D. On the constitution of atoms and molecules: part. I. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 26, p. 1-25, jul. 1913a.

BOHR, N. H. D. On the constitution of atoms and molecules: part. II – systems containing only a single nucleus. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 26, p. 476-502, set. 1913b.

BOHR, N. H. D. On the constitution of atoms and molecules: part. III – systems containing several nuclei. **Philosophical Magazine**, v. 6, n. 26, p. 857-875, nov. 1913c.

GEIGER, M. **The scattering of the α -particles by matter**. Proceedings of the Royal Society [A] 83, 1910, p. 492-504.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. **Bohr e a interpretação quântica da natureza**. São Paulo: Atual, 2005.

HEILBRON, J. L. J. J. Thomson and the Bohr atom. **Physics Today**, v. 30, n. 4, 1977.

HEILBRON, J. L. Rutherford-Bohr atom. **Am J. Phys**, v. 49, n. 3, p. 223-231, mar. 1981.

HEILBRON, J. L.; KUHN, T. **The genesis of the Bohr Atom**. Historical Studies in the Physical Sciences, v. 1, p. 211-290, 1969.

KRAGH, H. **Niels Bohr and the quantum atom: the Bohr model of atomic structure 1913-1925**. Oxford U. P., Oxford, UK, p. 416, 2012.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. 2009. 185f. Tese (Doutorado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). São Paulo, 2009.

MARTINS, R. A. **A teoria quântica, da Conferência Solvay ao átomo de Bohr**. 2013. Disponível em: http://www.academia.edu/4984288/_A_teor%C3%A2ntica_da_Confer%C3%A2ncia_Solvay_ao_%C3%A2tomo_de_Bohr_Roberto_de_Andrade_Martins. Acesso em: 22 de janeiro de 2018.

ROSENFELD, L.; NIELSEN, J. R. (Orgs.). **Niels Bohr collected works**. V. 1 – Early Work, Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1972.

ROSENFELD, L.; HOYER, U. (Orgs.). **Niels Bohr Collected Works**. – V. 2 – Work on Atomic Physics (1912–1917), 1981.

RUTHERFORD, E. The scattering of α and β rays by matter and the structure of the atom. **Proceedings of the Manchester Literary and Philosophical Society**. 7 de março de 1911, p. 18-20. Disponível em: <http://www.chemteam.info/Chem-History/Rutherford-atom-abstract.html>. Acesso em 04/04/2018.

SILVA, H. R. A. **Física moderna no ensino médio: a espectroscopia na gênese das modernas concepções de física e áreas afins**. 223f. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2013.

APÊNDICE D – Roteiro 1: Avaliando exemplos de inserção da HC no ensino.

Práticas Pedagógicas de Física e Química II – 2018

Roteiro 1 – Avaliando exemplos de inserção da HC no ensino.

A preparação para pensar a HC no ensino iniciou-se com atividades pré-aula: o questionário para a análise do vídeo da BBC Four (1) e leitura de Moura (2014) (2); as atividades realizadas na aula (03/05) (3), as 2 apresentações expositivas em aula em *slides* (4), a leitura e elaboração de questões sobre Siqueira e Mello (2018) (5), as discussões sobre as questões elaboradas por vocês (6) e chegamos, agora, à essa parte (7) da proposta. Se você perdeu uma dessas atividades, ficou uma lacuna, que precisa ser recuperada. Como complemento, colocamos Martins (2006) e *slides* sobre HC no ensino, no Facebook, mas não são obrigatórios, para quem quiser e puder. Ainda teremos mais um roteiro para auxiliar o desenvolvimento do plano de ensino e a correção por pares a ser realizada na aula seguinte. Todas essas atividades foram pensadas, de modo encadeado, para favorecer e promover o aprendizado sobre os usos da HC no ensino.

Leiam e comentem entre os grupos, sobre os sete exemplos de propostas para abordagens da HC no ensino. A seguir, escolha uma das bibliografias sugeridas e discuta as questões abaixo com seu par. A ação de registrar conclusões por meio da escrita costuma contribuir para o processo de aprendizagem. A ideia é conhecer exemplos de inserção da HC no ensino, mediante perspectivas historiográficas e educacionais atuais. O propósito é pensar na adequação de cada atividade e recurso, frente a cada objetivo e conteúdo abordado nos textos. Isso pretende ajudá-los a construir seus próprios planos de ensino.

1. O que você sentiu em relação à inserção da história das ciências no ensino médio?
2. As atividades e recursos materiais propostos permitem alcançar os objetivos almejados? Dê exemplo(s).
3. Os recursos materiais utilizados estão consistentes com os objetivos propostos? Dê exemplo(s)
4. A abordagem histórica adotada é coerente com os objetivos propostos? De que forma?
5. Quais aspectos da natureza das ciências foram manifestados durante as atividades elaboradas?
6. A abordagem histórica utilizada pode ter favorecido a alfabetização científica dos alunos? De que forma?

Bibliografias utilizadas:

CARDEIRA, F. A. **O uso do gás hidrogênio: dos aeróstatos aos ônibus da EMTU/SP e uma contribuição para o ensino de ciências.** 102f. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências – Licenciatura). Universidade Federal de São Paulo, Diadema.

CARDOSO, M. L. D. **A teoria da progressão dos animais, de Lamarck: uma abordagem sócio-histórica voltada à sala de aula.** 40f. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Ciências – Biologia). Universidade Federal de São Paulo, Diadema.

GOMES, T. G. **Uma história da radioatividade para a escola básica: desafios e propostas.** 111f. 2015. Dissertação (Mestrado em ensino de ciências) – Universidade de São Paulo (USP) – São Paulo, 2015.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. Reflexões sobre o processo de construção da ciência na disciplina de química: um estudo de caso a partir da história dos modelos atômicos. **Revista Electrónica de Investigación em educación em ciencias**, v. 11, n. 2, p. 64-77, dez. 2016.

PEREIRA, A. K. S.; FORATO, Thaís C. M. Uma proposta para o ensino contextualizado de Hidrostática. In: XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2014, São Sebastião. **Anais do XV EPEF**. São Paulo: SBF, 2014. v. online. p. 1-8.

SCHMIEDECKE, W. G.; PORTO, P. A. Uma bomba em verso, prosa e canção: história, arte e tecnologia nas aulas de física. In: MOURA, B. A.; FORATO, T. C. M. (Orgs.) **Histórias das ciências, epistemologia, gênero e arte: ensaios para a formação de professores**. São Bernardo – SP: EdUFABC, 2017.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de química e física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 378-406, ago. 2015.

APÊNDICE E – Roteiro 2: Preparação para a elaboração dos planos de ensino.

Práticas Pedagógicas de Física e Química II – 2018

Roteiro 2 – Preparação para a elaboração dos planos de ensino.

Após realizar todas as 6 etapas anteriores nesse bloco temático da unidade curricular, e analisar os diversos exemplos de propostas didáticas utilizando a história das ciências no ensino (etapa 7), essa atividade busca oferecer subsídios para a elaboração de um plano de ensino com abordagem da história das ciências (HC), a partir do texto **“Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no início do século XX”**.

Utilize as questões abaixo para estabelecer as bases para o plano de ensino, definindo os objetivos pedagógicos, os aspectos da natureza das ciências (NDC) selecionados, os conteúdos do texto que serão utilizados, os conteúdos que poderão ser omitidos etc.

1. Estabelecer seus objetivos pedagógicos: aprendizado de conceitos científicos, de aspectos da NDC, e habilidades e competências a promover. Lembre-se que a abordagem histórica favorece a interdisciplinaridade e a contextualização de conceitos.
2. Quais conteúdos do texto podem ser utilizados para discutir conceitos científicos (física e química)?
3. Quais conteúdos podem ser excluídos, sem prejudicar os objetivos para aprendizagem de conceitos?
4. Quais conteúdos de história podem ser trabalhados a partir do texto?
5. Quais conteúdos de NDC podem ser trabalhados a partir do texto?
6. Quais conteúdos podem ser excluídos, sem prejudicar a visão de NDC que quero trabalhar com os estudantes?
7. Quais aspectos do episódio histórico podem despertar o interesse dos alunos?
8. Que tipo de atividade ou recurso material poderiam ser utilizados?
9. Algumas das atividades que vimos anteriormente nos exemplos de HC no ensino poderiam ser utilizadas para o conteúdo do texto indicado?

Observação: os tópicos acima citados foram adaptados a partir da tese de doutorado titulada: **A Natureza da Ciência como Saber Escolar:** um estudo de caso a partir da história da luz. (Forato 2009, p. 188-196).

APÊNDICE F – Roteiro 3: Como introduzir os conteúdos de história das ciências na escola básica?

Como introduzir os conteúdos de história das ciências na Escola Básica?

Preparar um plano de ensino individual, a ser entregue na próxima aula utilizando o texto “Nome”, sobre a inserção da HC na educação básica, utilizando mídias como um dos recursos didáticos (vídeos, documentário, telenovelas, séries, filmes, hipertextos, hipermídias, simuladores, dentre outros).

- Avaliação pelos pares;
- Entrega da parte escrita.

Abaixo segue a lista de itens que devem constar no plano (avalie a consistência entre os itens e a visão de ciências que a proposta transmite):

- 1) **Contexto educacional:** descreva a escola e o ambiente educacional para a proposta que será desenvolvida.
- 2) **Tema:** qual (is) tema (s) do currículo será (ão) trabalhado (s)?
- 3) **Duração:** número de aulas
- 4) **Conteúdo programático:** relação de conteúdos mobilizados.
- 5) **Objetivos pedagógicos:** geral; específico; habilidades e competências visadas.
- 6) **Metodologias:** descreva as estratégias envolvidas (exemplos: aula expositiva e dialogada, experimentação, ciência e arte; dentre outros).
- 7) **Recursos didáticos:** descreva toda a infraestrutura material necessária.
- 8) **Descrição das aulas:** faça um quadro com um resumo das atividades e, a seguir, descreva cada uma das aulas propostas
- 9) **Avaliação:** como os alunos serão avaliados? (exemplos: lista de exercício, prova, trabalho em grupo, seminários).
- 10) **Referências bibliográficas:** todo o material que foi consultado e lido na sala de aula ou prospectado pela dupla ou trio.

APÊNDICE G – Roteiro 4: Avaliação dos planos de ensino sobre a inserção da HC na educação básica.

UCs: Práticas Pedagógicas de Física II e Práticas Pedagógicas de Química II – 2018
Roteiro para avaliação das propostas didáticas para abordagem da HC no ensino

A atividade de avaliação entre pares busca oferecer mais uma oportunidade para promover o aprendizado, neste caso, sobre propostas didáticas utilizando uma abordagem da HC no ensino. Cada estudante irá avaliar a proposta de um dos seus colegas, sem identificação. Nessa etapa, a reflexão considera apenas os aspectos intrínsecos aos conteúdos trabalhados ao longo do semestre. Cada um dos dez (10) itens tem uma pontuação respectiva. Procure justificar sua atribuição de nota. O propósito é pensar na adequação e na consistência de cada metodologia, atividade e recurso, frente a cada objetivo e conteúdo abordado na proposta didática.

Avaliador:			
Número ou pseudônimo:			
Itens	Item a ser avaliado	Justificativa	Avaliação
I	Definiu e contextualizou o ambiente escolar/contexto educacional? Tipo de escola? Série/Ano? Número de aulas/bimestre? Perfil predominante dos estudantes? Peculiaridades relevantes?		_____/1,00
II	Definiu o tema e assunto(s) da proposta didática?		_____/0,50
III	Definiu os objetivos pedagógicos: aprendizado de conceitos científicos, aspectos da natureza das ciências e habilidades e competências a promover? Os objetivos estão claros e coerentes com os assuntos que se pretende desenvolver? O tempo disponível para as aulas é suficiente para desenvolver os assuntos e alcançar os objetivos propostos?		_____/1,50
IV	Apresentou a metodologia e os recursos materiais necessários para desenvolver a atividade de ensino? As estratégias e recursos escolhidos permitem alcançar os objetivos		_____/1,00

	almejados? O encadeamento das atividades é coerente/coeso/consistente?		
V	Apresentou o quadro com um resumo das atividades e descreveu cada uma das aulas propostas?		_____/0,50
VI	Apresentou uma abordagem histórica coerente com os objetivos propostos? Essa abordagem utilizada pode ter favorecido a alfabetização científica dos alunos?		_____/1,50
VII	Foram manifestados aspectos da natureza das ciências durante as atividades elaboradas? Apresentou atividades envolvendo o contexto histórico, político, econômico do episódio histórico? E também as relações do conhecimento científico desenvolvido por vários cientistas no contexto político, social e cultural em que eles viveram?		_____/1,50
VIII	A abordagem histórica proposta favorece a interdisciplinaridade e a contextualização de conceitos? Entre quais campos do saber?		_____/1,00
IX	Apresenta uma sugestão de avaliação, coerente com os assuntos abordados e com os objetivos propostos e o contexto educacional?		_____/1,00
X	Apresenta a bibliografia básica e complementar de apoio à atividade de ensino?		_____/0,50
Total			_____/10,00

APÊNDICE H – Exemplos de notas de campo

Notas de Campo: Aula 1 – (03/05/2018)

Data: 03/05/2018

Turno: Vespertino e Noturno

Notas: Stephanie

1º parte da aula: introdução

- **Aluno N:** Menção dos perigos da pseudo-história;

Professora A: Questionou os alunos se eles já ouviram falar sobre a história da ciência no ensino;

- **Aluno G:** Citou a linha do tempo;
- **Aluno F:** Teve contato com a história da astronomia;

Professora A: Vocês já tiveram contato com a pseudo-história nas aulas de PPC ou em outra disciplina?

- **Aluno H:** Lembrou sobre a pseudo-história nas aulas de Práticas Pedagógicas de Ciências;
- **Aluno J:** Os textos sobre Joule estudados na Unidade Curricular: Física III do curso de Ciências - Licenciatura;

Professora A: pediu para que o aluno N dissertasse melhor sobre a pseudo-história;

- **Aluno N:** Dissertou novamente sobre a pseudo-história;
- **Aluno O:** Relembrou as aulas do professor x.

2º parte da aula: vídeo

Professora A: quem gostou do vídeo?

- **Aluno K:** Bom para aprender conceitos científicos, além de ser bem produzido e ilustrativo;

Após a fala do aluno K, a professora A questionou sobre a forma como ele introduziria o vídeo numa aula de Ensino Médio...

- **Aluno K:** Resposta – comentou que poderia usar o vídeo como uma introdução de determinado conceito ou até mesmo para o fechamento de um conteúdo estudado;
- **Aluno G:** Comentou que daria para usar partes do vídeo, e sobre divulgação científica;
- **Aluno I:** Apontou problemas no vídeo em relação a natureza da ciência, como o uso dos termos “descoberta absoluta”;
- **Aluno K:** Após a fala do licenciando João, Marcos também comentou sobre outro problema sobre o uso do termo “cientista brilhante”;
- **Aluno N:** Crítica a uma visão passada no vídeo, pois antes de Boltzman já existia modelos atômicos, como o caso do modelo atômico de Dalton e Thomson;
- **Aluno N:** A parte do vídeo sobre radioatividade incomodou ele, pois colocou como a “grande descoberta sobre a radioatividade”, sendo que antes já havia pesquisas sobre a radioatividade, como o caso do casal Curie;
- **Aluno N:** Crítica ao termo “intuição de Rutherford”;
- **Aluno N:** Aspecto positivo do vídeo: trabalhou os conceitos de maneira adequada, como o caso do movimento browniano estudado por Einstein;

Professora A: outro trecho que trouxe incomodou “Einstein provou a existência do átomo”;

- **Aluno O:** Não assistiu ao vídeo e não respondeu as questões sobre;

- **Aluno N:** Desgostoso com o vídeo;

Professora A: Brilhantismo existe, mas não é isso que faz a ciência acontecer...

Professora A: Exemplos de teorias que não eram aceitas em determinadas épocas para justificar a “intuição”;

Professora A: visão de mundo;

Professora A: A ciência não é fruto de insights, pois para cada problema encontrado, houve muitos estudos na tentativa de encontrar uma possível solução;

Professora A: Mostrar que a ciência é para poucos, elitista, favorece a dominação social;

- **Aluno N:** Aspectos da natureza da ciência presentes no vídeo: o contexto (influência); a não neutralidade da ciência;
- **Aluno N:** Aspectos positivos presente no vídeo: conceitos;
- **Aluno N:** Adequação para o Ensino Médio: não usaria;
- **Aluno N:** Pergunta 5: movimento browniano; estrutura atômica; modelos de Dalton e Thomson (acrescentar radioatividade).

Data: 10/05/2018

Período: Vespertino e Noturno

Notas: Stephanie

1º parte da aula: introdução:

- **Aluno N:** Dúvida sobre o texto: a Fórmula de Rydberg – a mestrandia explicou que eram fórmulas matemáticas, desenvolvidas no final do século XIX e início do século XX;
- **Aluno M:** Apontou um aspecto da natureza da ciência presentes no texto, perguntou o porquê Rutherford apoiava Bohr em seus trabalhos, quais eram seus pressupostos;
- **Aluno M:** O texto ajudou entender alguns conteúdos de química inorgânica que ele estava vendo em outra unidade curricular. Entender melhor sobre a estrutura da matéria.
- **Aluno J:** Não gostou do texto, para ele era apenas história;
- **Aluno I:** Gostou da abordagem e do texto em si;
- **Aluno K:** Gostou do texto;
- **Aluno D:** Gostou do texto, pois abordou alguns cientistas que não são abordados normalmente (Nagaoka e Nicholson);
- **Aluno B:** Nagaoka e Nicholson;
- **Aluno J:** Gostou mais do vídeo, para ensinar conceitos;

Professora A: Que aspecto da natureza da ciência pode ser destacado no texto?

- **Aluno I:** Questionou como levar isso para a sala de aula;

Data: 17/05/2018

Período: Vespertino e Noturno

Notas: Stephanie

1º parte da aula: avaliação aos pares (individual) das propostas elaboradas pelos licenciandos

Professora A: explicação dos objetivos da avaliação aos pares, o intuito do roteiro de avaliação das propostas, que são critérios que normalmente ela olha quando está avaliando as propostas sobre a inserção da HC no ensino.

- **Aluno N:** Eu achei surpreendente difícil, eu não imaginei que inserir a HC fosse tão complexo. É difícil.

2º parte da aula: explanação das percepções.

Professora A: Pergunta para os alunos como eles sugerem apresentar as avaliações que eles fizeram. Os alunos optaram por comentar primeiro sobre as propostas avaliadas por eles.

- **Aluno M:** Proposta do aluno N “Modelos atômicos e a história dos modelos atômicos”. Achou interessante ele colocar a história já no tema da proposta. Comenta também que no conteúdo programática ele também coloca a história dos modelos, ele achou interessante, pois para ele não é normal colocar a história como conteúdo programático. Descreveu contexto educacional, entretanto, não colocou o bimestre do qual a proposta seria aplicada, tirou 0,1.
- **Aluno M:** Descreveu os objetivos, mesmo não tendo um espaço para as habilidades e competências está descrito, ele deu nota máxima.
- **Aluno M:** Ele não colocou o quadro com a síntese das aulas, entretanto, para ele o que estaria no quadro já estaria descrito na proposta.
- **Aluno M:** Sobre a abordagem histórica, ele comenta que o aluno N deixa claro nos objetivos que a história seria um conteúdo, tinham aspectos da NDC.
- **Aluno M:** Se apresenta interdisciplinaridade, o aluno comenta que o próprio tema proporciona a interdisciplinaridade.

ANEXOS

ANEXO A – Proposta didática: PPF II e PPQ II (2017).



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO - CAMPUS DIADEMA



GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS – LICENCIATURA

Práticas Pedagógicas de Física II – profa. Thaís Forato
Práticas Pedagógicas de Química II – profa. Simone Martorano

Tema: HFC NO ENSINO - 2017

*** PRÉ-AULA 1 - TAREFA:**

Leitura de MARTINS, Roberto de Andrade. COMO BECQUEREL NÃO DESCOBRIU A RADIOATIVIDADE. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, Florianópolis, 7 (Número Especial): 27-45, jun. 1990.

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/10061/14903>

Antes da próxima aula, leia o texto e realize a seguinte atividade:

Pensando nos conteúdos que vimos discutindo, sobre NDC, CTS, objetivos e questões relevantes para o ensino de ciências, vamos fazer um mapa colorido, como fizemos no semestre passado:

- Pinte ou sublinhe de azul todos os conceitos científicos;
- Pinte ou sublinhe de vermelho todos os aspectos da natureza da ciência;
- Pinte ou sublinhe de verde o que poderiam ser outros objetivos para o ensino de ciências.

*** AULA 1:**

Aquecimento: ~30 minutos: avisos gerais, levantamento de concepções prévias sobre os usos da HFC no ensino, quem já leu algo a respeito etc. Retomar conteúdo visto em PPCiências, caso os alunos não o mencionem espontaneamente. Os alunos da Prática Pedagógica de Física I, que foram atentos aos textos de Zanetic e de Reis, também podem perceber que eles falavam de HC. Essas ideias podem ser retomadas durante a plenária, a partir das próprias respostas dos alunos.

Parte 1: Debate plenário sobre as respostas elaboradas em casa, sobre o texto de Martins (1990). Professor faz a mediação, inserindo pontos que não surgirem espontaneamente. (~1h)

Exemplos NDC retirados do texto:

- Como as expectativas teóricas podem influenciar as próprias observações, levando o pesquisador a ver coisas que não existem;
- Graças a essa pista falsa que muitas descobertas serão feitas
- Pode ter sido introduzido por suas expectativas teóricas a ver fenômenos inexistentes
- Grande dificuldade existente no estabelecimento de fenômenos que não são esperados teoricamente.
- É fácil observar o que se prevê – aliás, como se viu, pode-se observar o que foi previsto até quando a previsão é falsa. Muito mais difícil é ver aquilo que contraria todas as expectativas
- O bom trabalho experimental é extremamente difícil, criativo e instigante, desde que se tenha coragem de enfrentar, no laboratório, fenômenos que se recusam a respeitar as teorias estabelecidas.
- Coletividade na ciência.

Parte 2: Em pequenos grupos, discutir as seguintes questões: (~ 1 h).

- 1) *Você considera esse texto adequado para os alunos do ensino médio? Justifique sua resposta.*
- 2) *Quais objetivos pedagógicos esse texto poderia favorecer?*
- 3) *A partir dos conteúdos abordados no texto, como você poderia utilizá-los em sala de aula?*
- 4) *Quais seriam as possíveis dificuldades ao utilizar esse episódio histórico na sala de aula?*

Parte 3: Discussão plenária sobre as respostas. (~1 hora)

*** PRÉ-AULA 2: TAREFA:**

Ler para próxima aula: FORATO, Thaís C. M.; MARTINS, Roberto de A.; PIETROCOLA, Maurício. Teorias da luz e Natureza da ciência: elaboração e análise de curso aplicado no ensino médio (completo). In: XI EPEF, 2008, Curitiba. *A pesquisa de física e a sala de aula: articulações necessárias*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2008. Disponível: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xi/sys/resumos/T0172-1.pdf>

Responder às questões:

- a) *O que você sentiu em relação à inserção da História da Ciência no ensino médio?*
- b) *Quais atividades o texto sugere para o ensino médio?*
- c) *Quais atividades poderiam ser utilizadas em outros conteúdos históricos?*
- d) *Quais aspectos da natureza da ciência foram manifestados durante a atividade enfocada?*
- e) *Essa abordagem histórica pode ter favorecido a alfabetização científica dos alunos? De que forma?*
- f) *Algumas dessas atividades poderiam ser utilizadas para o conteúdo do texto “Como Becquerel não descobriu a radioatividade (Martins, 1990)?*

*** AULA 2:**

Baseada em proposta para 2016: Elaborada por Thaís Forato; Simone Martorano; Susan Aragão; Danielle Borges, utilizando uma adaptação dos Parâmetros para transposição didática da HC para o ensino médio (Forato, 2009).

Parte 1: Debate plenário sobre as respostas elaboradas em casa. Professora faz a mediação, inserindo pontos que não surgirem espontaneamente.

Parte 2: Como você elaboraria um plano de aula com abordagem da história e filosofia das ciências, a partir do texto de Martins (1990)? Utilize a tabela abaixo para estabelecer as bases para o plano de aula, definindo os objetivos pedagógicos, os aspectos da natureza da ciência selecionados, os conteúdos do texto que serão utilizados, os conteúdos que poderão ser omitidos etc. Preencha a tabela em dupla, a partir do texto “*Como Becquerel não descobriu a radioatividade*” (Martins, 1990).

1. Estabelecer os propósitos pedagógicos para o uso da HC no ensino

EXPLICITAR	OBJETIVOS
Conceitos científicos	
Aspectos da natureza da ciência	
Direitos humanos	
Habilidades e competências	

2. Definir o enfoque para o episódio histórico: como garantir que a abordagem histórica adotada seja coerente com os objetivos definidos na tabela 1 e com a visão de NDC pretendida?

DEFINIR	CONTEÚDOS
Quais conteúdos do texto podem ser utilizados para discutir conceitos científicos?	
Quais conteúdos podem ser excluídos, sem prejudicar os objetivos para aprendizagem de conceitos?	
Quais conteúdos exemplificam os aspectos da NDC?	
Quais conteúdos podem ser excluídos, sem prejudicar a visão de NDC que quero trabalhar com os estudantes?	

3. Refletir sobre a construção de textos para os estudantes: refletir sobre como a elaborar um pequeno texto para os alunos do ensino médio de maneira a contemplar os meus objetivos da tabela 1.

REFLETIR	CONTEÚDO DO TEXTO
Incluir partes das citações de Becquerel no texto pode favorecer os meus objetivos?	
Qual a extensão do texto para meu contexto educacional (máxima e mínima)?	
Quais aspectos do episódio histórico podem despertar o interesse dos alunos?	

4. Escolher estratégias e recursos didáticos: que tipo de atividade ou recurso material é adequado para esse conteúdo e para os meus objetivos propostos no quadro 1?

ESCOLHER	ESTRATÉGIAS E RECURSOS DIDÁTICOS
Atividades podem auxiliar na aprendizagem de conceitos científicos, considerando possíveis lacunas.	
Atividades que favoreceram o posicionamento frente a questões controversas.	
Atividades que apresentam o contexto histórico, político, econômico do episódio histórico.	
Atividades que apresentam as relações do conhecimento científico desenvolvido por vários cientistas no contexto político, social e cultural em que eles viveram.	
Atividades que introduzam a matematização necessária.	

Fonte: adaptado de Forato, 2009, p. 188-196.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello. *A Natureza da Ciência como Saber Escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2009. 2 vols. DOI: 10.13140/RG.2.1.4760.4961.

Sugestões de atividades: animações, vídeos, filmes, simuladores, experimentos históricos, pesquisas, seminários, modelização, linha do tempo com eventos históricos, obras de arte ou literárias, imagens de filmes, jogos, dramatização, lista de exercícios, resolução de problemas etc.

* PRÉ-AULA 3: TAREFA

Elaborada por Thaís Forato; Simone Martorano; Susan Aragão; Danielle Borges.

Como posso introduzir os conteúdos do texto sobre história da radioatividade (Martins 1990) na Escola Básica?

Preparar um plano de aulas, a ser apresentado na próxima aula (**AULA 3**) utilizando as análises que fizemos, partindo dos objetivos que estabelecemos na aula passada. Itens que devem constar no plano (avaliar a consistência entre os itens e a visão de ciências que a proposta transmite):

- 1) Contexto educacional: (descreva a escola e o ambiente educacional)
- 2) Tema: (qual (is) tema (s) do currículo será (ão) trabalhado (s)?)
- 3) Conteúdo Programático: (relação de conteúdos mobilizados)
- 4) Objetivos Pedagógicos (coloque todos os objetivos estabelecidos na tabela da aula anterior)
- 5) Recursos didático-metodológicos ou estratégias pedagógicas (descreva as estratégias envolvidas)
- 6) Recursos Materiais (descreva toda a infraestrutura material necessária)
- 7) Avaliação (como os alunos serão avaliados?)
- 8) Descrição das aulas: faça um quadro com um resumo das atividades e, a seguir, descreva cada uma das aulas:

Abaixo, seguem alguns exemplos de propostas didáticas para o uso da história das ciências, envolvendo outros recortes históricos. Apenas para dar ideias de mais metodologias ou recursos que podem ser propostos.

Exemplo1:

Quadro1: Síntese do contexto geral da proposta das aulas

Aula	Resumo dos conteúdos	Atividades realizadas
Aula 1 100min	Aplicações da radioatividade: Bomba nuclear, Segunda Guerra Mundial, Guerra Fria.	Vídeo 1, Leitura coletiva Textos de interpretação 1 e 2. Debate sobre os textos.
Aula 2 100min	Instabilidade nuclear, Emissões radioativas, Contexto histórico.	Leitura Textos 3 e 4. Questões em grupo. Aula expositiva sobre instabilidade do núcleo atômico.
Aula 3 100min	Contexto histórico, Emissões radioativas.	Aula expositiva sobre emissões radioativas. Simuladores PHET. Leitura do Texto 5. Exercícios. Vídeo 2.
Aula 4 100min	Contexto histórico, Transmutação nuclear, Datação por carbono-14.	Texto 6. Vídeo 3. Aula expositiva transmutação nuclear e datação por carbono-14. Exercícios.
Aula 5 100min	Aplicações: Geração de energia, usos na medicina, Acidentes radioativos.	Atividade em grupo sobre os Textos 7 e 8. Documentário sobre acidentes nucleares (Vídeo 4).
Aula 6 100min	Acidentes radioativos.	Dramatização do Texto 9. Fechamento da proposta.

Descrição das atividades em: Fonte: GOMES, T. G.; FORATO, T. C. M. Marie Curie e as emissões radioativas: uma proposta para a sala de aula. In A. P. B. da Silva & A. Guerra (Orgs). *História da ciência e Ensino: Fontes Primárias e propostas para sala de aula*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015. Pp. ISBN 9788578613341. EAN 9788578613341.

Exemplo 2:

Quadro 2: Proposta para Plano de Aulas

Atividade	Descrição	Aula
Laboratório aberto: Torre de líquidos	Utilizando materiais de diferentes densidades, os alunos devem construir uma torre de líquidos. (Anexo 1)	1
O que é hidrostática	Aula expositiva dialogada – Revisão sobre os estados físicos da matéria. Definição de fluidos.	1
Pressão; fisiologia humana.	Aula expositiva dialogada - Pressão em um fluido; pressão atmosférica, alterações fisiológicas no corpo humano quando submetido a elevadas altitudes; diferença de pressão em um fluido; Princípio de Pascal. Exercícios - No final da aula os alunos receberão uma lista de exercícios que deverá ser entregue na aula seguinte. Esta atividade irá compor a nota de avaliação.	1
Mito: Arquimedes e a Coroa do rei Hieron	Discussão do vídeo “Arquimedes” ⁴⁰ Leitura do resumo do texto Martins (2000) - “Arquimedes e a Coroa Do Rei: Problemas Históricos”. (anexo 2) Experimento demonstrativo-investigativo - ovo mergulhado em líquidos com diferentes densidades. (Anexo 3)	1
Densidade e Empuxo	Aula expositiva dialogada – densidade e empuxo Simulador “Flutuabilidade” ⁴¹ – Atividade acompanhada de roteiro	1
Efeitos da pressão no corpo humano	Aula expositiva dialogada - Mergulho Leitura de textos “Medicina E Fisiologia Do Mergulho” ⁴² e “Pesca com compressor pode provocar embolia e alucinações” ⁴³ – Leitura guiada por roteiro	1
Avaliação	Produção textual – Os alunos deverão redigir um texto tentando relacionar os conceitos da física abordados em aula com o trecho de filme “A Era do Gelo 4” que deverá ser apresentado.	1

Descrição das atividades em: Fonte: PEREIRA, A. K. S.; FORATO, Thaís C. M. Uma proposta para o ensino contextualizado de Hidrostática. In: XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2014, São Sebastião. *Anais do XV EPEF*. São Paulo: SBF, 2014. v. online. p. 1-8.

Há artigos na internet, por exemplo:

Exemplo 3:

⁴⁰ Arquimedes. Disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=X8c3AdgMi9w>. Acesso em: 3 de julho de 2013.

⁴¹ Simulador Flutuabilidade. Disponível em: < http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/buoyancy > Acesso em: 3 de julho de 2013.

⁴² Medicina E Fisiologia Do Mergulho. Disponível em: <http://www.bombeiros.com.br/br/esportes/medicina_mergulho.php> Acesso em: 3 de julho de 2013.


⁴³ Pesca com compressor pode provocar embolia e alucinações. Disponível em: <<http://blogs.diariodepernambuco.com.br/meioambiente/2012/04/pesca-com-compressor-pode-provocar-embolia-e-alucinacoes/>> Acesso em: 3 de julho de 2013.

MORAIS, Angelita; GUERRA. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. *Rev. Bras. Ensino Fís.* vol. 35 no. 1 São Paulo Jan./Mar. 2013.

Exemplo 4:

Quadro 3: Proposta de Sequência de Aprendizagem Temática.

Atividade	Descrição	Aula
Questionário prévio	Análise do conhecimento prévio do aluno sobre a Alquimia.	1
Discutindo-se sobre a origem da alquimia	<p>-leitura de um texto sobre alquimia (O alquimista e seu labor). -Um aluno vestido de alquimista, apresenta-se para as turmas, contextualizando a época em que existiam alquimistas.</p>  <p>-Produção individual de um texto. - Produção coletiva de cartazes.</p>	2
Construção da linha do tempo: Desmistificar a ciência como algo acabado, obra de uma pessoa só em um momento de rara inspiração.	<p>O texto sobre elementos químicos, utilizado para a construção da linha do tempo foi dividido em três partes, a saber: a primeira parte tratou sobre a origem e o conceito de elementos químicos na visão dos filósofos pré-socráticos; a segunda parte tratou sobre o que se considerava como elemento químico naquela época. E por fim, a terceira e última parte discutiu a “análise dos corpos”, ou seja, a química no século XVIII e o novo conceito de elemento químico.</p>  	3

Experimento da moeda: Desmitificar a ideia de transmutação dos metais	O objetivo do mesmo é o de levar aos alunos a discussão sobre reações químicas e traçar um paralelo com o pensamento alquímico, defrontando-o posteriormente com a explicação atual da Química para o ocorrido. Experimento demonstrativo.	1
Revisar os conteúdos prévios; Promover reflexões sobre a evolução dos conhecimentos científicos.	- Apresentação em power point Apresentação em que se buscou promover uma revisão de tudo o que fora estudado até o momento. Trata-se também de um acompanhamento histórico da evolução do conceito de elemento, destrinchando as mudanças de significados sofridas no desenvolvimento das ideias.	1
Estudo da Tabela periódica: Compreender como a tabela periódica foi construída e quais cientistas participaram da construção da mesma, até o modelo de tabela periódica atual.	leitura de um texto (história da tabela periódica) sobre a construção da tabela periódica. Na sequência, os alunos em grupo, montam um “quebra-cabeça” da tabela periódica.	1
Continuação Estudo da Tabela periódica	jogo da tabela periódica, sobre as características e aplicações de alguns elementos. 	1
Questionário final	Conhecer o entendimento dos alunos sobre os conceitos abordados na sequência, como também avaliar a participação do PIBID na escola.	1

Fonte: PIBID/Química/Unifesp. 2015.

ANEXO B – Declaração de Conclusão de Proposta PAD



Ministério da Educação
Universidade Federal de São Paulo
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO



São Paulo, 18 de Julho de 2018.

Declaração de Conclusão de Proposta PAD

Declaro que a proposta PAD intitulada “*FORMAÇÃO PARA A DOCÊNCIA NO ENSINO SUPERIOR NAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS DE FÍSICA*”, realizada no 1º. semestre de 2018 foi encerrada e que a aluna Stephanie Siqueira Vasconcelos, matrícula 78168 exerceu suas atividades conforme programado, sendo a ele atribuído o conceito A e 4 créditos.

Atenciosamente,

| Docente Responsável pela Proposta PAD: Profa. Dra. THAÍS CYRINO DE MELLO FORATO

Assinatura

De acordo,

Coordenador do Programa de Pós-Graduação: Prof. Dr. LEONARDO ANDRÉ TESTONI

Assinatura

ANEXO C – Parecer do CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Aspectos das contribuições de Niels Bohr para a história da espectroscopia: uma abordagem para a Formação Inicial de Professores

Pesquisador: STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 66863217.7.0000.5505

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.062.675

Apresentação do Projeto:

Projeto CEP/UNIFESP n:0357/2017

Um dos desafios de se empregar a História da Ciência (HC) no ensino e aprendizagem de ciências pode estar relacionado à carência de ações mais efetivas na formação dos professores. É preciso fornecer subsídios para que estes estabeleçam articulações entre a HC e o ensino. Partindo deste pressuposto, este projeto de pesquisa tem como objetivo complementar a formação de licenciandos de ciências, favorecendo a contextualização histórica de conceitos de física moderna e mecânica quântica de modo a permitir também, reflexões sobre a Natureza da Ciência, para que desenvolvam uma compreensão mais consistente e crítica do processo de produção do conhecimento científico. Por meio de um curso de extensão universitária, para alcançar o objetivo será feito um recorte histórico das contribuições de Niels Bohr para a espectroscopia, analisando obras secundárias da historiografia da ciência, para subsidiar o curso. Este projeto terá uma interface entre diferentes áreas da educação, agregando princípios do ensino de física, conteúdos da história da ciência e pesquisas envolvendo a formação de professores e terá como principal referencial teórico Forato (2009) considerando o contexto de formação inicial de professores. Esta pesquisa tem uma abordagem qualitativa do tipo estudo de caso a qual guiará o planejamento, a coleta e análise dos

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14

Bairro: VILA CLEMENTINO

CEP: 04.023-061

UF: SP **Município:** SÃO PAULO

Telefone: (11)5571-1062

Fax: (11)5539-7162

E-mail: secretaria.cepunifesp@gmail.com



UNIFESP - HOSPITAL SÃO
PAULO - HOSPITAL
UNIVERSITÁRIO DA



Continuação do Parecer: 2.062.675

dados, dos quais utilizaremos diferentes instrumentos como o uso de questionários; materiais produzidos pelos participantes no decorrer do curso; entrevistas semi-estruturada com alguns participantes do curso, utilização de videogravações e notas de campo para registrar o desenvolvimento das atividades. Que por sua vez, serão analisados de acordo com a Análise de Conteúdo de Bardin

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Objetivo geral desta pesquisa é:- Complementar a formação de licenciandos de ciências, favorecendo a contextualização de aspectos da Natureza da Ciência, pra que desenvolvam uma compreensão mais consistente e crítica do processo de produção do conhecimento científico.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Conforme descrito no parecer inicial

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de Mestrado de Stephanie Siqueira Vasconcelos. Orientadora: Profa. Dra. Thaís Cyrino de Mello Forato. Projeto vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática e ao Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Campus Diadema, UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Trata-se da apresentação de respostas de pendências

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

- 1- Apresentar carta de anuência do responsável pelo curso onde a pesquisa será realizada.
- 2- Em relação ao TCLE: a)- ao informar que os profissionais responsáveis pela pesquisa poderão ser contatados para esclarecimentos (item 10) é necessário disponibilizar os dados (telefone, endereço, email) da pesquisadora - Garantia de acesso à informação: deve ser fornecido os endereços e telefones dos pesquisadores e do Comitê de Ética para permitir que o participante tenha a quem recorrer em caso de dúvidas ou problemas. Deve haver a garantia de que os telefones dados sejam de grande disponibilidade para permitir o rápido acesso dos participantes. Ex: Em qualquer etapa do estudo, o Sr. terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr (preencher o nome do pesquisador principal) que pode ser encontrado no endereço (institucional) Telefone(s) Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Unifesp Rua Botucatu, 572 1º andar cj 14, 5571-1062, FAX:

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14

Bairro: VILA CLEMENTINO

CEP: 04.023-061

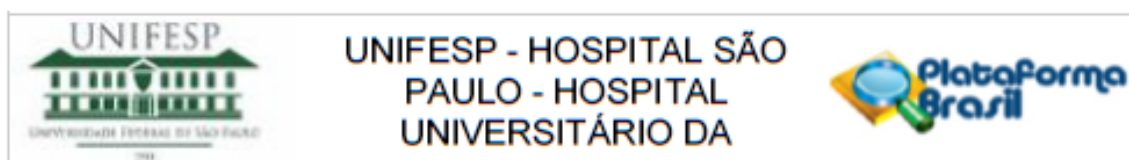
UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)5571-1062

Fax: (11)5539-7162

E-mail: secretaria.cepunifesp@gmail.com



Continuação do Parecer: 2.062.675

5539-7162 ; E-mail: E-mail: cepunifesp@unifesp.br

r, as pendências foram adequadamente resolvidas.

Considerações Finais a critério do CEP:

O CEP informa que a partir da data de aprovação final, é necessário o envio de relatórios semestrais (no caso de estudos pertencentes à área temática especial) e anuais (em todas as outras situações). É também obrigatória, a apresentação do relatório final, quando do término do estudo.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_859946.pdf	06/05/2017 15:26:08		Aceito
Outros	Carta_de_resposta_as_pendencias.docx	06/05/2017 15:13:12	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_mestrado.pdf	06/05/2017 15:08:49	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_de_mestrado_Stephanie_Siqueira_Vasconcelos.pdf	06/05/2017 15:07:25	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito
Outros	Carta_de_anuencia_da_responsavel_pelo_curso.pdf	06/05/2017 14:56:31	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito
Outros	Instrumento_Questionario_NdC_Mestrado.pdf	10/04/2017 11:27:26	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito
Outros	Instrumentos_Questionario_HC_Mestrado.pdf	10/04/2017 11:26:43	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito
Outros	Instrumento_Roteiro_Entrevista_Mestrado.pdf	10/04/2017 11:24:51	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito
Outros	Formulario_Comite_de_Etica_Unifesp_Stephanie_Siqueira_Vasconcelos.pdf	10/04/2017 10:51:02	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14

Bairro: VILA CLEMENTINO

CEP: 04.023-061



UF: SP

Município: SÃO PAULO

Telefone: (11)5571-1062

Fax: (11)5539-7162

E-mail: secretaria.cepunifesp@gmail.com

	UNIFESP - HOSPITAL SÃO PAULO - HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DA	
---	---	---

Continuação do Parecer: 2.062.675

Folha de Rosto	Folha_de_rosto_Stephanie_Siqueira_Vasconcelos.pdf	10/04/2017 10:37:14	STEPHANIE SIQUEIRA VASCONCELOS	Aceito
----------------	---	------------------------	--------------------------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 15 de Maio de 2017

Assinado por:
Miguel Roberto Jorge
(Coordenador)

Endereço: Rua Botucatu, 572 1º Andar Conj. 14			
Bairro: VILA CLEMENTINO		CEP: 04.023-061	
UF: SP	Município: SAO PAULO		
Telefone: (11)5571-1062	Fax: (11)5539-7162	E-mail: secretaria.cepunifesp@gmail.com	

ANEXO D – Exemplos de transcrições dos eventos críticos das videogravações

Transcrição das videogravações

✚ **Dados da transcrição realizada por Stephanie Siqueira Vasconcelos:** Utilizei as seguintes convenções para narrar problemas encontrados durante a transcrição:

[Inteligível] = Palavras ou termos não compreendidos.

[Inaudível] = Sempre que o locutor pronunciou palavras ou termos de forma confusa, de maneira incompreensível, falando baixo, ruído do gravador ou da câmera, assim não sendo possível compreendê-lo.

[...] = Frases não concluídas.

[?] = Incerteza de palavra ou termo.

✚ **Identificação dos participantes da pesquisa:** os participantes da pesquisa foram identificados por código (ex: professora A, aluno A, pesquisadora A), organizado pela mestranda...

✚ Transcrições – 1º dia:

Aula 01 – 03/05/2018	
Bloco II – Concepções sobre HC no ensino	
	Falas
1	Professora A: Antes de falarmos especificamente sobre o vídeo, sobre a proposta, eu quero saber se um de vocês já leu alguma coisa sobre história da ciência no ensino, se já teve contato com isso em alguma disciplina. O que vocês viram sobre isso?
2	Aluno N: Então, eu vi isso [...] era o exemplo que eu ia dá sobre Práticas I, Prática de Ciências, que é sobre os perigos da pseudo-história, que se você [...] uma das consequências da pseudo-história é que ela afaste as pessoas do ramo científico, porque ela está sempre tão coligada ao pensamento de que o cientista é uma pessoa iluminada, a pseudo-história está tão ligada a isso, que faz com que as pessoas se afastem também. E é essa ligação que eu faço com o vídeo, que ele faz o uso muito abusivo de termos divinadores [sic] do cientista. Eu pessoalmente detestei o vídeo por causa disso.
3	Professora A: Você consegue lembrar de mais alguma coisa sobre os problemas da pseudo-história?
4	Aluno N: Além de ser uma desinformação que [...] conduz erroneamente a pessoa, a concepção de que ela não é capaz de fazer ciência. Ela acaba tendo uma concepção errada do próprio método científico, do se fazer ciência. Ela tem uma concepção errada do que é ciências. Baseado numa história errada de ciências que transmitiram para ela, nesse sentido.
5	Professora A: E antes de você conhecer essas discussões sobre a pseudo-história, você tinha tido contato com narrativas históricas, na escola básica, nos materiais didáticos, ou mesmo em textos da graduação, livros da graduação?

6	Aluno N: Eu tive isso no Ensino Médio por que eu [...] os livros didáticos de química, não só de química de [...] biologia e física também eles tem um caráter “endeusador” do cientista, e meu professor de química do terceiro ano, ele ficava possesso com isso, ele tinha um caráter de [...] “não, isso não é assim, ciência é colaborativa, Newton dizia que ele utilizava trabalhos de outras pessoas”. Então, ele [...] pelas aulas dele pelo discurso dele, eu tive contato mais com o caráter humano da história da ciência.
7	Professora A: Que ótimo...
8	Aluno N: mais os livros...
9	Professora A: que sorte ter tido esse professor
10	Aluno N: inclusive eu estou fazendo Estágio I com ele [...] deu tudo certo [sorriso].

Aula 01 – 03/05/2018	
Bloco III – Vídeo e questões propostas	
	Falas
1	Aluno I: Todo mundo era, toda pessoa do vídeo era um dos maiores gênios [risadas]
2	Professora A: Quantos maiores gênios né.
3	Aluno H: Quantos maiores gênios têm.
4	Aluno K: Ele acaba falando isso em várias passagens né “maiores gênios”, então ele acaba é [...] estigmatizando uma visão que a gente quer combater. Cientista brilhante, que o cara é um E. T., que o cara é fora do normal, ele fala bastante isso. Isso aí entra na parte dos negativos lá.
5	Professora A: Legal. Vamos então passar pra [...].
6	Aluno A: Não tem uma linguagem assim... Acessível ao adolescente não.
7	Professora A: Certo.
8	Aluno A: Para nós assistir a gente já teve uma maturidade para sentar e assistir uma meia hora tal, um vídeo querendo ou não tem pouca animação, mas não conversa para passar na escola assim...
9	Professora A: É mais para a formação de professores.
10	Aluno A: É [...] para a escola do ensino médio não conversa com essa questão.
11	Professora A: Depende muito da escola básica né, aquelas mais, assim, profissionalizantes, voltada para alguém que esteja fazendo uma preparação [...]. Sei lá, para as carreiras científicas, que gostem muito. Eu me lembro de que a gente teve um aluno, até que a pesquisadora A que lembrou, na turma dela, tinha um aluno que tinha estudado numa, numa ETEC né pesquisadora A.
12	Pesquisadora A: Era particular
12	Professora A: E aí quando ele fazia os planos de ensino, ele punha o contexto educacional para a escola onde ele tinha estudado. Então assim era um monte de “nerd” [sic], que adorava física, matemática. Então os planos de ensino que ele fazia só davam para aplicar nessa escola, porque não é viável. É por isso que é tão importante a gente definir bem aquele contexto no início dos planos. Vamos para as perguntas então? [tempo]. Cadê [...] a minha [...] pré-aula? Bom, vocês leram Moura para quem ainda nunca tinha visto nada sobre natureza da ciência. Para ter uma ideia do que seria essa natureza da ciência; alguns exemplos, de alguns aspectos, certo? Então na primeira pergunta: “Quais aspectos da natureza da ciência podem ser identificados no vídeo?”.

14	Aluno B: Tem essa parte do embate que os cientistas em aceitar o modelo. Porque fala muito da ideia de [inaudível] que era conhecida por eles antes. Para pensar na ideia nova eles não queriam sair daquele modelo, mesmo quando saia, tinha uma noção de querer basear o modelo nas ideias já conhecidas.
15	Professora A: Entendi. Você viu algum aspecto no Moura que resumiria essa, essa percepção que você teve?
16	Aluno B: É a questão da mutualidade da ciência. Que ela não é uma coisa fixa.
17	Professora A: estática [...] muito bom. Que mais?
18	Aluno I: É [...] [pode falar – outro aluno] eu percebi também a questão do embate entre os cientistas, o jogo de interesse mesmo. Por exemplo, Einstein tentar combater as ideias de Rutherford e, é [...] Meio que esse jogo de interesse mesmo né, um jogo. Também percebi, por exemplo, quando ele fala do vapor, a ciência pode servir de interesse de outros, sociais, políticos, pessoais.
19	Professora A: Legal
20	Aluno B: Esse interesse dos cientistas e a questão humana dos cientistas envolvidos na ciência.
21	Professora A: Legal. Contexto, questões sociais, humanas.
22	Aluno G: Dentre os aspectos conceituais que ele fala sobre [não entendi] imaginação. Ele cita bastante isso, quando ele vai falar de Rutherford, quando ele fala [...] porque colocar a placa de reflexão atrás do feixe de partículas alfa [...] fala um pouco na genialidade de Rutherford teórica.
23	Professora A: A intuição né. O que você achou disso?
24	Aluno G: Eu achei que entra muito na imaginação que ele trata no contexto como aspecto da imaginação que [...] aparentemente lá não tinha nenhum motivo para ele mandar repetir o experimento, como está explicada no texto né.
25	Professora A: É de acordo com o vídeo.
26	Aluno G: Não tinha nenhum motivo para ele colocar lá [...] provavelmente ele soube de alguma coisa né. Não iria colocar lá atoa. Eu acho que entra nessa ideia de imaginação.
27	Professora A: Entendi. Depois a gente vai ver outras coisas para poder ir comparando com esse vídeo né. Mais alguém da primeira?
28	Aluno K: O caráter dinâmico da ciência tal.
29	Professora A: O caráter dinâmico, mais ou menos o que ela falou.
30	Aluno A: A não existência do método científico universal. Não tinha como eles descobrir [...] vai assim, faz.
31	Professora A: Um passo a passo ali né. Vira a manivela e pá pula para a fórmula.
32	Aluno I: [inaudível].
33	Professora A: E mesmo dentro de cada um desses métodos. Quantos vão e vêm, quantos problemas né, quantas variáveis ali interferindo. Bom, mas qual visão de ciências transmitida pelo vídeo?
34	Aluno A: Apesar de trazer esses pontos positivos que a gente comentou agora. Era quase aquele aspecto negativo que a gente falou que tem só alguns poucos gênios, que tem um insight, de repente tem uma ideia que resolve uma coisa. É bem isso aí. Ele teve um momento, uma brilhante ideia. Que eram só alguns poucos gênios que teve essa ideia.
35	Aluno B: Ideias fantásticas, super maravilhosas, que era super importante, que é usado até hoje. Porque se a gente contar que a ciência é mutável, então, por mais que ele se encaixe muito bem hoje, pode ser que depois ele possa ser derrubado por algo que seja melhor.

36	Aluno I: Sem contar que o vídeo é muito sensacionalista também. A descoberta mais importante [risadas].
----	--

Aula 02 – 10/05/2018	
Bloco I – Impressões sobre o texto	
Turno	Falas
1	Aluno J: O vídeo foi muito mais, muito mais assertivo que o texto pra conceito.
2	Professora A: Entendi.
3	Aluno J: O texto começou história, história, história, história, aí passava um conceitinho [sic], passava batido.
4	Professora A: Aí, para você no caso foi desinteressante.
5	Aluno J: Muito.
6	Professora A: o vídeo não, o vídeo foi bacana.
7	Aluno J: O vídeo ele foi bom.
8	Professora A: Essa é uma resposta importante né. E vocês quem mais quer falar? [a professora pergunta para os demais licenciandos]. Achou chato, difícil, fácil, entendeu conceito, não entendeu, viu conceito ou não viu.
9	Aluno I: Eu gostei muito do texto, diferente do aluno J, mas eu gosto dessa parte de HC, achei o texto muito bem escrito, não foi uma leitura difícil, concordo com ele, não tem muito outros temas, o foco principal foi história e eu não acho problema, tem muitos textos que falam sobre isso, tem outros que falam sobre educação ou CTS.
10	Professora A: E o modo como ele apresenta a história de Bohr? Diferente do que você viu no livro didático?
11	Aluno I: Não, com certeza, eu já estava esperando isso porque a gente teve aquela aula né.
12	Professora A: O texto é um fechamento do que ela começou né [aponta para a pesquisadora A].
13	Aluno I: É então no caso foi aquela discussão que a gente teve na aula.
14	Professora A: E conceito, você identificou conceito no texto?
15	Aluno I: Sim, ele fala principalmente do núcleo, do conceito do átomo em si, ele fala também sobre a radiação do corpo negro, conceito de eletromagnetismo, por exemplo, a natureza da luz.
16	Professora A: Certo.
17	Aluno I: Mas eu não concordo que ele deveria ser passado no Ensino Médio. Não sei se era a discussão, só estou fazendo um paralelo.
18	Professora A: Não, não.
19	Aluno D: Eu gostei por não focar nos principais cientistas, é porque normalmente quando a gente vai estudar o átomo é sempre os mesmos, esse aqui fez isso, depois esse aqui fez aquilo, e esse fez outro modelo. Aí começa a trazer outros cientistas que normalmente são esquecidos, mas que tiveram grande importância pro negócio. Eu gostei muito dessa parte, quando mostra esses outros.
20	Professora A: E você que perdeu a aula, você não teve a prévia que ele teve. O texto foi suficiente para você entender essa parte histórica?
21	Aluno D: Eu tive um pouco disso em Química I [disciplina da graduação em Ciências – Licenciatura], toda essa questão do átomo, não sei como foi essa última aula, não sei se foi algo do tipo.
22	Professora A: Então, mas na Química I, você teve abordagem histórica?

23	Aluno D: Sim.
24	Professora A: E aí contava a história do pudim de passas ou já mostrava essa outra visão do pudim de passas? O átomo do Thomson no caso.
25	Aluno D: Passou um pouco dessa visão.
26	Professora A: Foi com o professor x [professor do curso de Ciências – Licenciatura]?
27	Aluno D: Não, foi com uma professora que já foi embora. Ela estava temporária.
28	Professora A: Ah tá [sic].
29	Aluno D: Ela mostrou todos os modelos.
30	Professora A: Legal, legal, talvez a professora y [ex-professora do curso de Ciências- Licenciatura].

Aula 02 – 10/05/2018	
Bloco II – Questões elaboradas sobre o texto	
Turno	Falas
1	Professora A: Quais questões vocês fizeram sobre o texto lido?
2	Aluno M: Eu ia fazer uma questão, mas eu transformei em afirmação. Era a questão do trabalho do Rutherford sua relação com Bohr e tem a questão do interesse pessoal. Eu anotei que isso reflete em vários campos
3	Professora A: Sim, sim.
4	Aluno M: Eu transformei em afirmação
5	Professora A: Com certeza, você quer comentar pesquisadora A?
6	Pesquisadora A: Não, não, é isso mesmo.
7	Professora A: mas o que é a hipótese que a gente tem lá de porque ele privilegiou [...].
8	Pesquisadora A: A hipótese é que o modelo de Bohr de 1913, ele parte do modelo do Rutherford, é um ponto importante, porque quando Rutherford publicou o seu modelo, em 1911, não teve muita repercussão na comunidade científica europeia, quase nenhuma.
9	Aluno M: Tinha relação com a influência do Thomson?
10	Pesquisadora A: Sim, o modelo do Thomson até o modelo do Bohr era o modelo mais reconhecido pela comunidade como um todo, e, além disso, os modelos planetários tinham o problema da instabilidade, todos os modelos planetários, não era apenas o modelo do Rutherford, do Nagaoka, do Perrin, do Nicholson e também de outros cientistas da época, todos esses modelos tinha esse problema da instabilidade, então o modelo do Thomson por ser considerado um modelo mais estável ele era mais aceito pela comunidade, então tem muito disso. O modelo do Rutherford para muitos era mais um modelo planetário. Então só passou a ser mais discutido mais pesquisado depois da publicação de 1913 do Bohr. Eu respondi?
11	Aluno M: Respondeu [sorriso].
12	Professora B: A gente estava discutindo aqui que Dalton não teve um modelo matemático quando elaborou seu modelo atômico, só foi filosófico, mesmo assim, ele começa a discutir os princípios da estequiometria, não sei a lógica, tem lógica [inteligível].
13	Professora A: Tem uma coisa interessante do Thomson com Rutherford que chamou minha atenção e o Bohr, porque antes do Bohr publicar, em 1913, antes disso, o Rutherford já tinha acolhido o Bohr, para ir lá, para ficar no laboratório dele.

14	Pesquisadora A: Ele acolheu em 1912.
15	Professora A: Antes da publicação, e uma das coisas é que o Rutherford também tinha sido ex-aluno do Thomson, talvez existisse ali certa, alguma coisa mal resolvida.
16	Pesquisadora A: Um dos historiadores que era o Kragh, ele fala que o Rutherford colocou o modelo do Thomson como um artefato de museu, uma fala do Rutherford sobre o modelo do Thomson. Sendo que num primeiro momento Rutherford parte do modelo do Thomson, ele era aluno do Thomson em Cambridge, ele acaba ridicularizando um modelo que foi ponto de partida.
17	Professora A: Tipo foi ingrato.
18	Professora B: Você vai por ela no museu? [risos].
19	Aluno M: Mas professora sabe uma coisa que eu achei muito curioso, eu li o texto antes da aula de inorgânica na segunda, na terça, e a gente tá estudando quântica pura, e aí entra nesses aspectos da estrutura da matéria, e aí o texto foi me ajudando a entender melhor a matéria porque você vai entendendo como foi a construção.
20	Professora A: Olha que retorno importante [ênfase] [risos]
21	Aluno M: Meu deus [risos], eu fiquei achando muito estranho porque eu li muitas vezes falando que a distribuição de Linus Pauli não é de Linus Pauli [inteligível] aí eu li um trabalho que está falando de Linus Pauli ele cita o nome e as vezes a gente vê aula, que a gente está falando de modelos atômicos que são jogados, não mostra uma construção, isso dificulta muito, é uma visão muito estranha
22	Aluno N: É uma visão muito imediatista e individualista
23	Aluno M: É assim, ele fez isso, ele fez isso, ele fez isso, não tem influência com o anterior é muito difícil.
24	Professora A: A pesquisa da pesquisadora A de mestrado é justamente isso [tempo] estudar, trazer uma abordagem historiográfica mais complexa do que essas visões ingênuas que são propagadas no ensino né, desenvolver uma proposta para a formação de professores [...].
25	Professora B: Nós temos um agravante aí né [...].
26	Professora: Nem nós docentes temos essa formação [...].
27	Professora B: Sabe por quê? Porque assim, eu vou pegar esse ano eu não pego os calouros, então no ano anterior, eu [...] não tenho o conhecimento da Professora A, mas eu já procurei trazer uma visão menos ingênua da construção dos modelos, acredita que a menina parou a minha aula, e falou assim que ela já estava cheia de história que ela queria cálculo.
28	Aluno M: Da próxima vez você dá o texto para eles lerem antes da aula.
29	Professora B: É. Então na outra turma eu já fui [...], mesmo assim eu tentei os fazer pensarem que o modelo não era linear, [inteligível] como fazer com os calouros?
30	Professora A: Esse texto, por exemplo, para que termo, então, para que termo vocês acham [...]?
31	Aluno M: Primeiro termo e para quem está fazendo orgânica [risos].

ANEXO E – Exemplos de respostas do questionário sobre o documentário “O átomo: Choque de Titãs” (BBC Four, 2015)

ATIVIDADE 8: O USO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA EM ENSINO E VÍDEO “O ÁTOMO”

1. É possível identificar os aspectos humanos dos cientistas que contribuíram para o conhecimento científico (Apontar Boltzmann como uma pessoa com problemas psicológicos ou a influência dos pensamentos religiosos dos negacionistas científicos).

2. Embora uma visão humana seja retratada na história e contexto onde os cientistas se encontram, os mesmos ainda possuem uma “aura de intangibilidade” e que lhes são atribuídos um caráter divino. (Termos como “Ernest Rutherford foi abençoado com uma intuição sobre-humana” ou “Jovens brilhantes e sem apego ao passado eram necessários para revolucionar a física no modo como ela se encontrava” certamente não ajudam).

3. Embora o vídeo traga conceitos baseados em contextos vividos e experimentos efetivados, e mostrar que o método científico pode ser executado de diversas maneiras o mesmo não deixa ausente o clichê de cientista como “humano insuperável” que afasta as pessoas da ciência. O vídeo parece confrontar etapas importantes como as primeiras teorias atômicas (Esfera indivisível e “Pudim de Passas”) e deixa de forma subentendida que Rutherford descobriu a radioatividade, feito este normalmente atribuído à cientista polonesa Marie Curie. Em muitos sentidos, parecem haver choques de informações com o transmitido no vídeo e com o conhecimento geral sobre a história do entendimento de fenômenos atômicos. Se há esse contraste, seria esperado que o vídeo também trouxesse argumentos que mostrassem que suas informações não se sobrepõem ou que são verídicas, o que não é feito.

4. O vídeo permanece com muitas lacunas em ambos os temas trabalhados: Conhecimentos teóricos sobre ciência e história da ciência. Eu evitaria usá-lo pois além destas razões, há também o já mencionado clichê do “cientista insuperável”

5. Estrutura atômica, movimento Browniano. (Evitaria utilizá-lo em foco de história da ciência, pelos motivos previamente respondidos na questão 4)

ATIVIDADE 8 – Análise do documentário “O átomo: Choque de Titãs”**1. Quais aspectos da natureza das ciências podem ser identificados no vídeo?****Justifique sua resposta.**

O vídeo apresenta diversos aspectos acerca da natureza da ciência. Em primeiro lugar, mostra como o cientista não é um ser impessoal, imparcial e alheio aos fenômenos que o cercam. Boltzmann, por exemplo, suicidou-se por possuir diversos problemas psicológicos e ter sido hostilizado por parte da comunidade científica ao apresentar ideias demasiadamente surreais. Outro ponto que deve ser destacado é o fato de o vapor ter ganhado certa notoriedade no período pós-Guerra, alimentando máquinas, fábricas e servindo aos propósitos industriais e militares. Mostra que a Ciência pode funcionar para atender determinados interesses de grupos específicos. Também deve ser levado em consideração o fato de o documentário tratar sobre a natureza mutável da Ciência, deixando claro, muitas vezes, que era preciso abandonar toda uma concepção prévia que até então reinava na comunidade científica em prol de uma outra explicação, que mudaria muito o que se conhecia até o momento. O embate entre Bohr e Rutherford também mostra que, enquanto um era experimentalista e outro teórico, os resultados de suas suposições foram parecidos, baseados sempre nos resultados do outro e vice-versa. A Ciência não apresenta um método científico universal e isso pode ser trabalhado a partir desses trechos. Por fim, cabe notar que o documentário sempre analisa o conceito de átomo a partir de uma perspectiva histórica, o que pode ser muito benéfico tanto para a compreensão do conceito científico propriamente dito quanto para a percepção de como a Ciência é construída e quais são seus alicerces.

2. Qual é a visão de ciência transmitida pelo vídeo? Justifique sua resposta.

Um tanto dogmática. Em muitos momentos, o apresentador fala sobre descobertas e evidências “irrefutáveis”; que o átomo **tinha** de existir, afinal, ninguém havia pensado em outras explicações para determinados fenômenos. Em contrapartida, existem os momentos em que faz um balanço da velha escola da comunidade científica colapsando frente aos novos experimentos e teorias de novos físicos, como Bohr e Rutherford, ou seja, uma ressalva que pode mostrar como a Ciência não é mutável, mas sim dinâmica e complexa.

3. Você considera que há aspectos positivos e negativos presentes no vídeo? Comente quais seriam.

Sim. Em primeiro lugar, o vídeo é bastante sensacionalista. Muitas vezes, a tendência faz com que o telespectador construa uma imagem equivocada do cientista: alguém diferente, de outro planeta, um gênio cujas habilidades são inalcançáveis pelas pessoas “normais”. Isso acaba distanciando a população leiga da Ciência, além de compor uma noção errada sobre sua natureza. Outro ponto que deve ser ressaltado, ainda sobre sensacionalismo, é a afirmação, a todo momento, de que a próxima descoberta é “a mais importante da história”. Ora, se todas são tão importantes assim, nenhuma pode se destacar. Isso, mais uma vez, concebe uma visão errada sobre como a Ciência se estrutura. Por outro lado, existem aspectos positivos, comentados nas questões anteriores, tais como deixar evidente – ainda que pouco – a fluidez dos processos científicos, a influência do meio e a humanidade dos cientistas (a despeito de colocá-los em um patamar divino em certos momentos).

4. Você considera esse vídeo adequado para os alunos do ensino médio? Justifique sua resposta.

Sim, se o professor discutir as concepções de natureza da ciência em aulas prévias. Os alunos que ainda não se depararam com as questões que permeiam o debate de NDC irão construir – e reforçar – noções errôneas sobre como a Ciência funciona, quais aspectos abarca, suas influências, processos históricos etc. Apesar de ser interessante e uma forma diferente de apresentar o conteúdo, carrega certos aspectos que devem ser debatidos anteriormente. Por um lado, os estudantes irão aprender o conceito científico de átomo e, por outro, edificar uma noção equivocada sobre a Ciência. O professor deve se policiar para fomentar uma discussão saudável.

4. Quais conteúdos conceituais de física e química podem ser abordados com o uso do vídeo “Átomo – Choque de Titãs”?

Os modelos atômicos e moleculares; os processos de eletrização; ondas eletromagnéticas; dualidade partícula-onda; comportamento dos gases; modelo cinético dos gases; radioatividade; corrente elétrica; reações de oxirredução etc.

ANEXO F – Exemplos de respostas dos roteiros 4 sobre a avaliação dos planos de ensino

MINISTERIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO - CAMPUS DIADEMA
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS - LICENCIATURA


UNIFESP


UCs: Práticas Pedagógicas de Física II e Práticas Pedagógicas de Química II – 2018
Roteiro para avaliação das propostas didáticas para abordagem da HC no ensino

A atividade de avaliação entre pares busca oferecer mais uma oportunidade para promover o aprendizado, neste caso, sobre propostas didáticas utilizando uma abordagem da HC no ensino. Cada estudante irá avaliar a proposta de um dos seus colegas, sem identificação. Nessa etapa, a reflexão considera apenas os aspectos intrínsecos aos conteúdos trabalhados ao longo do semestre. Cada um dos dez (10) itens tem uma pontuação respectiva. Procure justificar sua atribuição de nota. O propósito é pensar na adequação e na consistência de cada metodologia, atividade e recurso, frente a cada objetivo e conteúdo abordado na proposta didática.

Avaliador: [redacted]			
Número ou pseudônimo: [redacted] 7231			
Itens	Item a ser avaliado	Justificativa	Avaliação
I	Definiu e contextualizou o ambiente escolar/contexto educacional? Tipo de escola? Série/Ano? Número de aulas/bimestre? Perfil predominante dos estudantes? Peculiaridades relevantes?	Acerto de que faltou descrever melhor o ambiente escolar, onde publica? quantos? perfil dos alunos?	0,7/1,00
II	Definiu o tema e assunto(s) da proposta didática?	Conteúdo	0,5/0,50
III	Definiu os objetivos pedagógicos: aprendizado de conceitos científicos, aspectos da natureza da ciência e habilidades e competências a promover? Os objetivos estão claros e coerentes com os assuntos que se pretende desenvolver? O tempo disponível para as aulas é suficiente para desenvolver os assuntos e alcançar os objetivos propostos?	Os objetivos estão bem definidos e há bastante tempo para desenvolvimento.	1,5/1,50
IV	Apresentou a metodologia e os recursos materiais necessários para desenvolver a atividade de ensino? As estratégias e recursos escolhidos permitem alcançar os objetivos almejados? O encadeamento das atividades é coerente/coeso/consistente?	Acerto de que faltou descrever melhor as aulas, os objetivos estão claros, mas não como alínglo	0,3/1,00
V	Apresentou o quadro com um resumo das atividades e descreveu cada uma das aulas propostas?	Não	0,5/0,50

VI	Apresentou uma abordagem histórica coerente com os objetivos propostos? Essa abordagem utilizada pode ter favorecido a alfabetização científica dos alunos?	Não apresentou, mas acerto de que para atingir a alfabetização científica dos alunos é necessário uma base	1,0/1,50
VII	Foram manifestados aspectos da natureza da ciência durante as atividades elaboradas? Apresentou atividades envolvendo o contexto histórico, político, econômico do episódio histórico? E também as relações do conhecimento científico desenvolvido por vários cientistas no contexto político, social e cultural em que eles viveram?	Acerto de que tem pouco na aula sobre Bohr, mas não em todos os aspectos, social, cultural, político e afins.	0,5/1,50
VIII	A abordagem histórica proposta favorece a interdisciplinaridade e a contextualização de conceitos? Entre quais campos do saber?	Não entre químico e físico	1/1,00
IX	Apresenta uma sugestão de avaliação, coerente com os assuntos abordados e com os objetivos propostos e o contexto educacional?	Não a sugestão de avaliação mais parte dos objetivos sugeridos.	1/1,00
X	Apresenta a bibliografia básica e complementar de apoio à atividade de ensino?	Acerto de que a bibliografia está mais voltada para o professor do que para o aluno	0,2/0,50
Total			3,2/10,00


 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO - CAMPUS DIADEMA
 GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS - LICENCIATURA



UCs: Práticas Pedagógicas de Física II e Práticas Pedagógicas de Química II – 2018


Roteiro para avaliação das propostas didáticas para abordagem da HC no ensino


A atividade de avaliação entre pares busca oferecer mais uma oportunidade para promover o aprendizado, neste caso, sobre propostas didáticas utilizando uma abordagem da HC no ensino. Cada estudante irá avaliar a proposta de um dos seus colegas, sem identificação. Nessa etapa, a reflexão considera apenas os aspectos intrínsecos aos conteúdos trabalhados ao longo do semestre. Cada um dos dez (10) itens tem uma pontuação respectiva. Procure justificar sua atribuição de nota. O propósito é pensar na adequação e na consistência de cada metodologia, atividade e recurso, frente a cada objetivo e conteúdo abordado na proposta didática.

Avaliador: _____

Número ou pseudônimo: 666


Itens	Item a ser avaliado	Justificativa	Avaliação
I	Definiu e contextualizou o ambiente escolar/contexto educacional? Tipo de escola? Série/Ano? Número de aulas/bimestre? Perfil predominante dos estudantes? Peculiaridades relevantes?	<i>Sim, bem detalhado</i>	<u>1,00</u> / 1,00
II	Definiu o tema e assunto(s) da proposta didática?	<i>Sim</i>	<u>0,5</u> / 0,50
III	Definiu os objetivos pedagógicos: aprendizado de conceitos científicos, aspectos da natureza da ciência e habilidades e competências a promover? Os objetivos estão claros e coerentes com os assuntos que se pretende desenvolver? O tempo disponível para as aulas é suficiente para desenvolver os assuntos e alcançar os objetivos propostos?	<i>Enumera objetivos, mas não está tão claro como atingir todos objetivos. O tempo pode ser insuficiente dada a complexidade dos assuntos.</i>	<u>1,00</u> / 1,50
IV	Apresentou a metodologia e os recursos materiais necessários para desenvolver a atividade de ensino? As estratégias e recursos escolhidos permitem alcançar os objetivos almejados? O encadeamento das atividades é coerente/coeso/consistente?	<i>Metodologia e recursos ok, estratégias talvez não atinjam todos objetivos. Encadeamento coerente.</i>	<u>0,75</u> / 1,00
V	Apresentou o quadro com um resumo das atividades e descreveu cada uma das aulas propostas?	<i>Sim adequado.</i>	<u>0,50</u> / 0,50


 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO - CAMPUS DIADEMA
 GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS - LICENCIATURA




VI	Apresentou uma abordagem histórica coerente com os objetivos propostos? Essa abordagem utilizada pode ter favorecido a alfabetização científica dos alunos?	<i>Acho que ficou um pouco superficial, somente o básico</i>	<u>0,5</u> / 1,50
VII	Foram manifestados aspectos da natureza da ciência durante as atividades elaboradas? Apresentou atividades envolvendo o contexto histórico, político, econômico do episódio histórico? E também as relações do conhecimento científico desenvolvido por vários cientistas no contexto político, social e cultural em que eles viveram?	<i>Sim, parcialmente. O contexto histórico, político, etc, ficou mais ligado somente ao texto.</i>	<u>0,75</u> / 1,50
VIII	A abordagem histórica proposta favorece a interdisciplinaridade e a contextualização de conceitos? Entre quais campos do saber?	<i>Contextualização parece adequada, mas não apresenta muito a interdisciplinaridade.</i>	<u>0,5</u> / 1,00
IX	Apresenta uma sugestão de avaliação, coerente com os assuntos abordados e com os objetivos propostos e o contexto educacional?	<i>Sim, adequada e diversificada. Mas talvez o tempo de produção possa ser pouco.</i>	<u>1,00</u> / 1,00
X	Apresenta a bibliografia básica e complementar de apoio à atividade de ensino?	<i>Sim</i>	<u>0,5</u> / 0,50
Total			<u>7,0</u> / 10,00

ANEXO G – Exemplo de plano de ensino de um dos discentes



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
CAMPUS DIADEMA
CURSO DE CIÊNCIAS – LICENCIATURA



O MODELO ATÔMICO DE BOHR NA CONTEXTUALIZAÇÃO DA FÍSICA QUÂNTICA: EFEITO FOTOELÉTRICO, ESPECTRO DE LINHAS E RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

PSEUDÔNIMO: 7234

9,7
Thaís

Plano de aula apresentado como parte dos requisitos da Unidade Curricular Práticas Pedagógicas de Física II do Curso de Ciências – Licenciatura.

Profa. Dra. Thaís Cyrino de Mello Forato

DIADEMA

2018

1. INTRODUÇÃO

A concepção de ciência de muitos estudantes e professores pode apresentar noções errôneas acerca da história e natureza da ciência. Em vez de evidenciar como o conhecimento científico se estruturou até resultar em determinado conceito, muitos livros didáticos apenas realçam os resultados finalizados (Martins, 2006), comprometendo a construção do arcabouço intelectual do estudante no que tange às ciências. Compreender a história da ciência significa entender seu funcionamento frente às dinâmicas sociais e contextuais ou, em outras, palavras, aprender sobre sua natureza. Ainda segundo Martins (2006):

O estudo adequado de alguns episódios históricos permite compreender as interrelações entre ciência, tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência não é uma coisa isolada de todas as outras, mas sim faz parte de um desenvolvimento histórico, de uma cultura, de um mundo humano, sofrendo influências e influenciando por sua vez muitos aspectos da sociedade.

Neste trabalho, foi desenvolvida uma sequência didática cujo objetivo pedagógico está pautado em levar para a sala de aula uma faceta da história da ciência que rompe um paradigma estabelecido pelos livros didático. A simplificação exacerbada dos fatos por parte desses últimos – e em parte por conta de professores despreparados tentarem abordar tais assuntos – adulteram os conceitos de tal forma que todo o conteúdo é comprometido, prejudicando os estudantes e suas noções de natureza da ciência. Segundo Moura: Martins: ?

De uma perspectiva bem ampla e geral, podemos dizer que a natureza da Ciência envolve um arcabouço de saberes sobre as bases epistemológicas, filosóficas, histórias e culturais da Ciência. Compreender a natureza da Ciência significa saber do que ela é feita, como elaborá-la, o que e por que ela influencia e é influenciada.

Com essa perspectiva constituindo o pilar da sequência didática e utilizando conceitos de física quântica – previsto no conteúdo programático de física no Ensino Médio – o texto “Niels Bohr, espectroscopia e modelos atômicos no início do século XX” será usado como base para as aulas. O professor deve selecionar trechos do livro e discutir em sala, de acordo com a aula em questão, sempre suscitando o debate e trazendo questões relativas ao texto para discussão.

É importante ressaltar que essas conjecturas se distanciam da chamada educação bancária e proporcionam uma noção libertadora do conhecimento, tirando o protagonismo do professor e realçando as relações de ensino-aprendizagem. Segundo Freire (1996, p. 56-57):

A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em vasilhas, em recipientes a serem encheidos pelo educador. Quanto mais vá enchendo os recipientes com seus depósitos, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente encher, tanto melhores educandos serão. Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante.

2. TEMA ✓

Introdução à Física Quântica: efeito fotoelétrico, espectro de linhas e radiação do corpo negro.

3. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO ✓

- conceito de quanta
- energia do fóton
- espectroscopia
- efeito fotoelétrico
- radiação do corpo negro
- frequência e comprimento de onda
- modelos atômicos

4. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO *Duraf*

- Três meses com duas aulas semanais (45 minutos cada) ✓

5. CONTEXTO

A sequência didática foi elaborada para que seja desenvolvida no terceiro ano do Ensino Médio. O conteúdo programático envolverá grande parte da Física Quântica, com enfoque principalmente em seu surgimento, com os problemas da Radiação do Corpo Negro, Efeito Fotoelétrico e Espectro de Linhas. Além disso, é interessante que exista uma intersecção com o conteúdo de química, especialmente no que tange aos elementos químicos e modelos atômicos. O professor de física, quando confortável, pode tratar desses temas superficialmente, mas tanto melhor se o responsável pela disciplina de química atuar diretamente. É importante que a escola em questão seja guarnecida de projetores, pois serão analisados diversos vídeos e imagens que auxiliarão na visualização dos fenômenos.

6. MÉTODOS E RECURSOS MATERIAIS

- projetores de vídeo e imagem ✓
- textos de apoio ✓
- discussões em sala ✓
- produção de texto ✓
- giz e lousa ✓

7. OBJETIVOS PEDAGÓGICOS E ELEMENTOS UTILIZADOS

Durante toda a sequência, espera-se que os alunos possam:

- relacionar os problemas que levaram ao surgimento da física quântica; ✓
- descrever e entender os princípios básicos da física quântica ✓
- reconhecer os modelos atômicos e como foram se estruturando ao longo do tempo ✓
- entender o funcionamento do fenômeno do efeito fotoelétrico, da radiação do corpo negro e espectro de linhas e suas respectivas explicações ✓
- reconhecer a física como ciência contemporânea ✓
- compreender aspectos consensuais da natureza da ciência ✓
- entender a importância da história da ciência na compreensão dos conceitos ✓

8. AVALIAÇÃO

Como avaliação, é importante que exista produção de texto com articulação das ideias acerca da natureza da ciência e sua história, principalmente no que tange ao texto base. Exercícios também são indispensáveis, principalmente aqueles que sistematizam matematicamente o conteúdo.

DESCRIÇÃO DA PROPOSTA – FÍSICA – 3º MÉDIO		
TÓPICO	ORGANIZAÇÃO METODOLÓGICA	
FÍSICA QUÂNTICA	AULA 01 AULA 02	<p>Introdução da problematização. Nas primeiras duas aulas, deverá ser feita uma contextualização dos problemas que contribuíram com o surgimento da Física Quântica. Para isso, o professor deve levar vídeos e imagens (sobre o efeito fotoelétrico, radiação do corpo negro e espectro de linhas/Luminoso – a escolha dos vídeos e imagens fica a critério do professor) que mostrem as limitações da física clássica pra resolver os problemas do efeito fotoelétrico, da radiação do corpo negro e do espectro de linhas. A radiação do corpo negro deve ser o primeiro assunto a ser abordado.</p> <p>A segunda aula será toda baseada nesse contexto: a ideia da luz propagandã-se discretamente e o conceito de quantum/quanta e sua energia. Exercícios devem ser feitos e debates suscitados. Os alunos devem perceber como a Física Quântica constitui uma nova Ciência para a época.</p> <p><i>que tipo? $E = h\nu$?</i></p>
	AULA 03 AULA 04	<p>Na terceira e quarta aulas, o texto base será trabalhado: "Niels Bohr, espectroscopia e modelos atômicos no início do século XX". O professor deve ler com os alunos a Introdução e selecionar alguns trechos que evidenciam a busca por um modelo atômico estável. Após, trechos acerca do experiment de Rutherford, a instabilidade de seu átomo e do átomo de Nagaoka. As perguntas do texto devem ser problematizadas em sala. Por exemplo, a questão "Se a ideia era estudar o que ocorria com as partículas que colidiam com a folha de ouro, ou outros materiais, por que o anteparo não era plano do lado oposto à fonte?" Essas e demais devem ser debatidas sempre à luz da história e natureza da ciência. No fim da aula, o professor deve transcrever essas e outras questões na lousa e trabalhar as respostas junto aos alunos.</p>

DESCRIÇÃO DA PROPOSTA – FÍSICA – 3º MÉDIO		
TÓPICO	ORGANIZAÇÃO METODOLÓGICA	
FÍSICA QUÂNTICA	AULA 05 AULA 06	<p>Nessa aula, o professor deverá ler e debater junto dos alunos o trecho que trata acerca da vida e formação de Bohr. Após, deverá ser problematizada a relação entre o espectro de linhas e o modelo atômico. É uma preparação para a próxima aula, em que os alunos deverão ser capazes de entender como Bohr explicou esse fenômeno utilizando seu modelo atômico. Aqui, devem identificar os aspectos consensuais na estruturação desse conhecimento: o fato de seu modelo ter sofrido influência de diversos outros, como e porque Rutherford o ajudou, qual o contexto científico da época e a fluidez da Ciência. Os alunos deverão escrever uma síntese da aula para consulta futura.</p>
	AULA 07 AULA 08	<p>Aqui, finalmente, será visto o modelo atômico de Bohr. Cada conceito deve ser resgatado e sua influência debatida. Por fim, os alunos devem ser capazes de relacionar o fenômeno do espectro de linhas/linhas de Fraunhofer com o modelo atômico, níveis quânticos e comprimento de onda/frequência de onda. Exercícios matemáticos devem ser feitos utilizando o conceito de energia do quantum vistos na primeira/segunda aula.</p>

DESCRIÇÃO DA PROPOSTA – FÍSICA – 3º MÉDIO		
TÓPICO	ORGANIZAÇÃO METODOLÓGICA	
FÍSICA QUÂNTICA	✱ AULA 09 AULA 10	Nessa aula, o efeito fotoelétrico deverá ser estudado, sempre utilizando o modelo atômico de Bohr como modelo microscópico. O conceito de energia de trabalho deverá ser sistematizada, relacionando a constante de Planck e energia cinética. Exercícios deverão ser feitos e o aspecto cotidiano deverá ser tratado também. Uma lista de exercícios deverá ser entregue e recolhida na próxima aula.
	AULA 11 AULA 12	Na última aula, o professor deve sintetizar todo o conteúdo visto, evidenciando os conceitos envolvidos em história e natureza da ciência e também sobre o conteúdo programático. Por fim, os alunos deverão escrever um texto acerca dos aspectos <u>consensuais da ciência</u> , onde deverão expor sua visão sobre a natureza da ciência. A lista de exercícios e o texto deverão ser recolhidos para constar como avaliação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MARTINS, Roberto de Andrade. *Introdução: a história das ciências e seus usos na educação*. In: Cibelle Celestino Silva. (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, v., p. xxi-xxxiv.

MARTINS, Roberto de Andrade. *A maçã de Newton: história, lendas e tolices*. In: Cibelle Celestino Silva. (Org.). *Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo, SP: Editora Livraria da Física, 2006, v., p. 167-189.

MOURA, B.A.. *O que é natureza da ciência e qual sua relação com a história e filosofia da ciência?* Revista Brasileira de História da Ciência, v. 7, p. 32-46, 2014.